



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

**CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM GEOGRAFIA

**SUB-BACIA DO RIO GRAMACIÓ/RN: IMPLICAÇÕES DO USO E
COBERTURA DA TERRA SOBRE OS RECURSOS NATURAIS**

**NATAL/RN
2018**

ELIEZER MAZZETTI ROSA

**SUB-BACIA DO RIO GRAMACIÓ/RN: IMPLICAÇÕES DO USO E
COBERTURA DA TERRA SOBRE OS RECURSOS NATURAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia do Centro de Ciências Humanas Letras e Artes da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Evolução e Dinâmica Geoambiental

Orientador: Prof. Dr. Adriano Lima Troleis.

Natal/RN
2018

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Humanas, Letras e
Artes – CCHLA

Rosa, Eliezer Mazzetti.

Sub-bacia do rio Gramació/RN: implicações do uso e cobertura da terra sobre os recursos naturais / Eliezer Mazzetti Rosa. – 2018. 214f.: il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Humanas Letras e Artes. Programa de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia. Natal, RN, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Lima Troleis.

1. Bacia Hidrográfica. 2. Uso e Cobertura da Terra. 3. Qualidade da água. I. Troleis, Adriano Lima. II. Título.

RN/UF/BS-CCHLA

CDU 551.342.46(813.2)

Nome: Eliezer Mazzetti Rosa

Título: Sub-Bacia do Rio Gramació/RN: Implicações do Uso e Cobertura da Terra sobre os Recursos Naturais

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia do Centro de Ciências Humanas Letras e Artes da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Aprovado em: 22/03/2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Adriano Lima Troleis
Orientador (PPGE)

Prof^ª. Dra. Juliana Felipe Farias
Examinadora Interna (PPGE)

Prof^ª. Dra. Jacimária Fonseca de Medeiros
Examinadora Externa (UERN)

DEDICATÓRIA

Primeiramente a Deus;

Aos meus pais, Maria Josefina Mazzetti Rosa e Antonio Rosa Filho (*in memoriam*).

Á minha esposa, Luísa Silveira Amarim, companheira em todos os momentos, pela compreensão e carinho ao longo do período de elaboração deste trabalho;

Ao Manoelzinho e Guerreiro (moradores de Vila Flor), pelo apoio imprescindível no reconhecimento e visitas aos pontos de amostragem;

Ao Prof. Dr. Adriano Troleis, pela orientação, confiança e paciência nos momentos de discussão e direcionamento acadêmico sobre o projeto;

Á CAERN e ao NAAE, por todo apoio na realização das análises laboratoriais essenciais para a conclusão da pesquisa, em especial a Isabela (ETA Jiqui), Valéria (ETA Jiqui) e Douglnilson (IFRN);

Á Renilde Silveira, pelo fornecimento da estrutura de transporte utilizado na pesquisa e na releitura dos textos;

Á todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de gestão está na apropriação do conceito de sistema, pois qualquer alteração quer seja natural ou antrópica, pode afetar os elementos constituintes do sistema. Sob esse viés, o presente trabalho tem como recorte empírico a sub-bacia do rio Gramació que compreende 34,32 km² abrangendo os municípios de Vila Flor/RN e Canguaretama/RN, ambos localizados na microrregião do litoral sul potiguar, cuja principal atividade econômica é a monocultura de cana-de-açúcar. Os processos decorrentes do uso e cobertura da terra na sub-bacia justifica-se no presente estudo a análise, compreensão e discussão das implicações sobre os recursos naturais, especificamente sobre a qualidade das águas e cobertura florestal. Para isso, a metodologia deste estudo envolveu a abordagem empírica, seguindo os seguintes temas: uso e cobertura da terra através do mapeamento das 8 subclasses, conforme o Sistema de Classificação de Uso da Terra (IBGE), por meio das imagens aérea e orbital dos anos de 2006 e 2011, permitindo a análise temporal da evolução das subclasses de forma quantitativa e qualitativa; análise morfométrica da sub-bacia que possibilitou compreender o arranjo espacial do sistema de drenagem e; padrão de qualidade das águas oriundas das fontes superficiais e subterrâneas por meio de análises laboratoriais físico-química e microbiológica, confrontando com os limites estabelecidos pela legislação vigente. A abordagem teórica traz o conceito de bacia hidrográfica e a metodologia para sua delimitação e os aspectos legais. Assim, com relação às subclasses de uso e cobertura da terra os resultados demonstraram perdas e ganhos de área entre as subclasses, destacando a cultura temporária como a mais expressiva. Paralelo a isso, a alteração nos critérios para a delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP's) a partir do Novo Código Florestal demonstrou retrocesso na questão da proteção do corpo hídrico de superfície. No que se refere à qualidade das águas, às amostras do rio Gramació apresentaram variações nos resultados de forma sazonal e local, especialmente nos períodos secos e chuvosos e nos pontos de amostragem R-03 e R-04, motivada pela introdução de efluentes domésticos e pelo aporte de sedimentos oriundos do carreamento de material lixiviado para o meio aquático. Com relação à qualidade das águas subterrâneas a ausente de sistema de esgotamento sanitário na área urbanizada existente na sub-bacia do rio Gramació, apresentou variações nos parâmetros pH, coliformes totais e nitrato, sendo este último decorrente das infiltrações dos esgotos domésticos através das fossas negras ou sépticas. Os resultados contribuíram para a elaboração de uma cartografia que espacializa o

estado atual da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, como também, dos padrões de uso e cobertura da terra na sub-bacia do rio Gramació.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica, Uso e Cobertura da Terra, Qualidade da água, Rio Gramació.

ABSTRACT

The adoption of the river basin as a management unit is in the appropriation of the system concept, any change, whether natural or anthropic, can affect the constituent elements of the system. Under this bias, the present work has as an empirical clipping the Gramació river sub-basin, comprising 34,32 km² covering the municipalities of Vila Flor/RN and Canguaretama/RN, both located in the microregion of the southern seaboard of Potiguar, whose main economic activity is the monoculture of sugarcane. The processes resulting from the use and land cover in the sub-basin are justified in the present study the analysis, understanding and discussion of the implications on natural resources, specifically on water quality and forest cover. For this, the methodology of this study involved the empirical approach, following the themes: use and land coverage through the mapping of the 8 subclasses, according to the Land Use Classification System (IBGE), through the aerial and orbital images of the years 2006 and 2011, allowing the temporal analysis of the evolution of the subclass in a quantitative and qualitative way; morphometric analysis of the sub-basin that made it possible to understand the spatial arrangement of the drainage system and; standard of water quality from surface and groundwater sources by means of physical-chemical and microbiological laboratory tests, in compliance with the limits established by current legislation. The theoretical approach brings the concept of river basin and the methodology for its delimitation and legal aspects. Thus, with respect to subclass use and land cover, the results showed losses and area gains among the subclasses, highlighting the temporary crop as the most expressive. Parallel to this, the change in the criteria for the delimitation of Permanent Preservation Areas (APP's) from the New Forest Code demonstrated a regression in the question of the protection of the surface water body. Regarding water quality, the Gramació River samples showed seasonal and local variations, especially in the dry and rainy periods and at the R-03 and R-04 sampling points, due to the introduction of domestic effluents and by the contribution of sediments from the transport of leached material to the aquatic environment. Regarding groundwater quality, there was no variation in the parameters pH, total coliforms and nitrate, due to the infiltration of the domestic sewage through the black cesspools or septic. The results contributed to the development of a cartography that spatializes the current state of surface and groundwater quality, as well as land use and land cover patterns in the Gramació river sub-basin.

Keywords: Hydrographic Basin, Use and Land Coverage, Water Quality, Gramació River

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de localização da bacia do rio Catú e sub-bacia do rio Gramació.....	23
Figura 2 - Fluxograma dos procedimentos para a execução da pesquisa na sub-bacia do rio Gramació. Norma Brasileira.	44
Figura 3 - Relação da declividade da vertente e processos morfogenético e pedogenético.....	50
Figura 4 - Geometrias das vertentes representando a curvatura horizontal e vertical das vertentes.....	51
Figura 5 - Exemplificação do fator de forma para duas bacias de mesma área..	54
Figura 6 - Esquema dos procedimentos para a execução das características morfométricas da sub-bacia do rio Gramació.....	57
Figura 7 - Fluxograma das etapas dos procedimentos metodológico para o mapeamento das classes do uso e cobertura da terra na sub-bacia do rio Gramació.	63
Figura 8 - Mapa da localização dos pontos de coleta no rio Gramació e poços particulares.....	74
Figura 9 - Material utilizado para a coleta, transporte e armazenamento das amostras de água do rio Gramació e poços particulares.....	75
Figura 10 - Momento da coleta de amostra de água no ponto R-05.....	76
Figura 11 - Procedimento de coleta de água em poços particulares.....	77
Figura 12 - Mapeamento das unidades geológicas da área da sub-bacia do rio Gramació..	81
Figura 13 - Depósito Colúvio-Eluviais na área da sub-bacia do rio Gramació, podendo observar a prática agrícola da cana-de-açúcar e topografia plana	82
Figura 14 - Afloramento do Barreiras na margem do rio Gramació, próximo do ponto de coleta R-03.....	83
Figura 15 - Depósito Aluvionar na área da sub-bacia do rio Gramació.....	84
Figura 16 - Depósito Eólicos Litorâneos de Paleodunas na área da sub-bacia do rio Gramació.	85
Figura 17 - Depósito de Mangue na área da sub-bacia do rio Gramació	86
Figura 18 - Mapeamento das unidades geomorfológicas da área da sub-bacia do rio Gramació.	88
Figura 19 - Esquema das ordens de grandeza geomorfológica da sub-bacia do rio Gramació..	89

Figura 20 - Exemplo do Modelado Tabuleiro com Dissecação Menos Intensa na área de estudo, destacando a topografia plana e plantio de cana-de-açúcar..	91
Figura 21 - Exemplo do Modelado Tabuleiro com Dissecação Mais Intensa na área de estudo, destacando o vale do rio Gramació.	91
Figura 22 - Exemplo do Modelado Planície Fluvial na área da sub-bacia do rio Gramació. Ponto de amostragem R-05 no vale do rio Gramació.	92
Figura 23 - Exemplo do Modelado Planície Flúvio-Marinha na jusante do rio Gramació, com vegetação de mangue e solos do tipo ORGANOSSOLOS HÁPLICOS.	93
Figura 24 - Exemplo do Modelado Dunas Inativas localizada a leste da área de estudo.	94
Figura 25 - Mapeamento das unidades pedológicas da área da sub-bacia do rio Gramació.	96
Figura 26 - Área de solo tipo LATOSSOLOS AMARELOS na área da sub-bacia do rio Gramació.	97
Figura 27 - Solo tipo NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS na área da sub-bacia do rio Gramació, podendo observar a prática agrícola da cana-de-açúcar e topografia aplainada.	98
Figura 28 - Solo do tipo ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distrófico na área da sub-bacia do rio Gramació.	99
Figura 29 - Solo do tipo NEOSSOLOS FLÚVICOS na área da sub-bacia do rio Gramació.	100
Figura 30 - Jusante do rio Gramació, com vegetação de mangue ao fundo e solos do tipo ORGANOSSOLOS HÁPLICOS. Área sob influência das marés, localizado próximo a desembocadura do rio Catú.	101
Figura 31 - Mapeamento das formações vegetais da área da sub-bacia do rio Gramació.	102
Figura 32 - Vegetação de mangue ao fundo associado aos solos do tipo ORGANOSSOLOS HÁPLICOS.	103
Figura 33 - Vegetação de várzea associado aos solos do tipo NEOSSOLOS FLÚVICOS.	104
Figura 34 - Vegetação de tabuleiro associado aos solos do tipo LATOSSOLOS AMARELO.	105
Figura 35 - Ponto de lançamento de águas cinzas no sistema de drenagem direcionando para o rio Gramació.	109

Figura 36 - Geometrias das vertentes da área da sub-bacia do rio Gramació.	113
Figura 37 - Escoamento superficial na sub-bacia, próximo aos pontos de coleta R-01 (esquerda) e R-02 (direita), ambos localizados na forma de terreno retilíneo-convergente.....	114
Figura 38 - Relevo e declividade da área da sub-bacia do rio Gramació.	116
Figura 39 - Colmos de cana-de-açúcar com fuligem demonstrando o uso da prática da queima da palha da cana-de-açúcar..	117
Figura 40 - Relevo do tipo ondulado na área da sub-bacia..	118
Figura 41 - Relevo do tipo ondulado com declividade entre 20-45% na área da sub-bacia.....	119
Figura 42 - Mapeamento das subclasses do uso e cobertura da terra da sub-bacia do rio Gramació do ano de 2006.....	124
Figura 43 - Mapeamento das subclasses do uso e cobertura da terra da sub-bacia do rio Gramació do ano de 2011.....	125
Figura 44 - Delimitação do leito regular e leito maior hidrológico de um rio, a partir da lei nº 12.651/2012 (Novo Código Florestal Brasileiro) e lei nº 4.771/1965 (Antigo Código Florestal Brasileiro), respectivamente.	127
Figura 45 - Comporta instalada no rio Gramació para controle de vazão no ponto R-01..	128
Figura 46 - Tubulação de saída da água do rio no ponto R-03 no rio Gramació para controle de vazão..	128
Figura 47 - Delimitação da Área de Preservação Permanente do rio Gramació do ano de 2006.	130
Figura 48 - Delimitação da Área de Preservação Permanente do rio Gramació do ano de 2011.	131
Figura 49 - Delimitação da Área de Preservação Permanente do rio Gramació, conforme antigo Código Florestal.	134
Figura 50 - Disposição dos resíduos sólidos produzidos pelo município de Vila Flor em valas..	136
Figura 51 - Lixão localizado na área da sub-bacia do rio Gramació e no município de Canguaretama.	137
Figura 52 - Localização dos pontos de disposição de resíduos sólidos na área da sub-bacia do rio Gramació.....	138

Figura 53 - Localização dos pontos de amostragem de água ao longo do rio Gramació	141
Figura 54 - Localização dos pontos de amostragem de água dos poços particulares... ..	142
Figura 55 - Medição de oxigênio dissolvido e temperatura no ponto de amostragem R-02.. ..	145
Figura 56 - Ausência de água em 19/01 no ponto de coleta R-02, período de estação seca.	149
Figura 57 - Lavanderia rústica utilizada pelos moradores, localizada à montante do ponto R-04.....	154
Figura 58 - Saída das águas do sistema de drenagem no rio Gramació.	155
Figura 59 - Modelo do consumo de oxigênio em corpo hídrico..	161
Figura 60 - Espacialização dos resultados de qualidade da água do rio Gramació, conforme a Resolução nº 357/2005.	165
Figura 61 - Espacialização dos resultados de qualidade da água subterrânea, conforme estabelecido pela Portaria 2.914/2011.....	178

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de usos consuntivos e não-consuntivos da água.....	37
Tabela 2 - Classes de enquadramento das águas doces em função dos usos preponderantes, segundo a Resolução CONAMA 357/2005.	41
Tabela 3 - Informações temáticas, material e fontes de pesquisa.....	46
Tabela 4 - Características e parâmetros morfométricos de análise.	48
Tabela 5 - Processo de delimitação automática da sub-bacia e rede de drenagem do rio Gramació, através da ferramenta <i>Hydrology</i>	49
Tabela 14 - Distribuição por área (km ²) e percentual (%) das unidades pedológicas da sub-bacia do rio Gramació.....	97
Tabela 15 - População residente distribuído por situação do domicílio e por sexo no município de Vila Flor.....	108
Tabela 16 - Síntese dos resultados das características morfométricas, parâmetros e interpretação tipos de análises.	112
Tabela 18 - Distribuição quantitativa e percentual das classes de declividade na área da sub-bacia do rio Gramació.....	117
Tabela 19 - Evolução das áreas (ha) e respectivos percentuais das classes do uso e cobertura da terra da sub-bacia do rio Gramació dos anos de 2006 e 2011.	122

Tabela 20 - Quantitativo das subclasses do uso e cobertura da terra inseridas na faixa da APP do rio Gramació, nos anos de 2006 e 2011.	132
Tabela 21 - Quantitativo das subclasses do uso e cobertura da terra inserida na faixa de APP delimitadas a partir do critério da lei nº 4.771/1965 (Antigo Código Florestal) e lei nº 12.651/2012 (Novo Código Florestal).	135
Tabela 22 - Parâmetros e seus limites analisados pelo NAAE referentes às amostras de água superficial e subterrânea.....	143
Tabela 23 - Parâmetros, técnicas analíticas e seus limites, conforme a legislação vigente, analisados pelo laboratório de análises da CAERN referentes às amostras de água superficial e subterrânea.	144
Tabela 24 - Parâmetros analisados pelo pesquisador referentes as amostras de água do rio, a luz da legislação vigente.	145
Tabela 25 - Classificação da balneabilidade, conforme a Resolução CONAMA nº 274/2000.....	153
Tabela 26 - Parâmetros analisados e os limites estabelecidos na Portaria 2.914/2011.	167
Tabela 27 - Padrão microbiológico de água para consumo em função do tipo do sistema de distribuição.	175
Tabela 28 - Resultados das análises microbiológicas referente a Coliformes Totais das amostras dos poços particulares.	175

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Sazonalidade da precipitação (mm) no município de Canguaretama durante o período de 1963 a 2009.	106
Gráfico 2 - Sazonalidade da precipitação (mm) no município de Canguaretama durante o período de agosto/2016 a julho de 2017.....	106
Gráfico 3 - Área plantada (ha) nos municípios de Canguaretama e Vila flor nos de 2005 a 2016.	110
Gráfico 4 - Comportamento do parâmetro Coliformes Fecais (Presença/Ausência) da bactéria Escherichia coli, no ponto de coleta R-01, durante o período de amostragem.....	147
Gráfico 5 - Comportamento do parâmetro Cor Verdadeira no ponto de coleta R-02, durante o período de amostragem.....	148
Gráfico 6 - Comportamento de Coliformes Totais no ponto de coleta R-02, durante o período de amostragem.....	149

Gráfico 7 - Comportamento da Presença/Ausência de Escherichia coli, no ponto de coleta R-02, durante o período de amostragem.	150
Gráfico 8 - Comportamento do parâmetro Fósforo Total no ponto de coleta R-03, durante o período de amostragem.....	151
Gráfico 9 - Comportamento do parâmetro Coliformes Fecais (Escherichia coli) Presença/Ausência, no ponto de coleta R-03, durante o período de amostragem.....	152
Gráfico 10 - Quantificação da bactéria Escherichia coli, no ponto de coleta R-03, durante o período de amostragem.....	154
Gráfico 11 - Comportamento do parâmetro Coliformes Fecais (Escherichia coli) Presença/Ausência, no ponto de coleta R-04, durante o período de amostragem.....	156
Gráfico 12 - Comportamento do parâmetro Cor Verdadeira, no ponto de coleta R-05, durante o período de amostragem.....	157
Gráfico 13 - Comportamento do parâmetro Oxigênio Dissolvido (O ₂), no ponto de coleta R-05, durante o período de amostragem.	157
Gráfico 14 - Comportamento da bactéria Escherichia coli, no ponto de coleta R-05, durante o período de amostragem.....	158
Gráfico 15 - Comportamento do parâmetro Cor Verdadeira, no ponto de coleta R-06, durante o período de amostragem.....	159
Gráfico 16 - Comportamento do parâmetro Oxigênio Dissolvido (O ₂), no ponto de coleta R-06, durante o período de amostragem.	159
Gráfico 17 - Comportamento do parâmetro Coliformes Fecais (Escherichia coli), no ponto de coleta R-06, durante o período de amostragem.	160
Gráfico 18 - Comportamento do parâmetro Oxigênio Dissolvido, nos 6 pontos de amostragem realizada em 27/07/17, representando o período chuvoso.	162
Gráfico 19 - Comportamento do parâmetro Oxigênio Dissolvido, nos 6 pontos de amostragem realizada em 19/01/17, representando o período seco. O ponto R-02 não havia água para efetuar a coleta.....	163
Gráfico 20 - Comportamento do parâmetro pH no ponto de amostragem P-01.....	168
Gráfico 21 - Comportamento do parâmetro Nitrato no ponto de amostragem P-02.	169
Gráfico 22 - Comportamento do parâmetro Coliformes Totais no ponto de amostragem P-03. Ausência de resultado no dia 27/07/17 em razão do local não poder ser acessado.	170
Gráfico 23 - Comportamento do parâmetro Cor Verdadeira no ponto P-07.	171
Gráfico 24 - Comportamento do parâmetro Turbidez no ponto P-07, durante o período de amostragem.	172

Gráfico 25 - Comportamento do parâmetro Ferro no ponto P-07, durante o período de amostragem.....	173
Gráfico 26 - Comportamento do parâmetro Nitrato no ponto P-08, durante o período de amostragem.....	174

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definições das Subclasses do Nível II do Sistema de Classificação do Uso e Cobertura da Terra (SCUT).....	62
Quadro 2 - Parâmetros analisados conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005 e Portaria nº 2.914/2011.	67
Quadro 3 - Síntese das unidades dos sistemas naturais e usos na área de estudo.	79

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA - Agência Nacional de Águas
APP - Áreas de Preservação Permanente
APHA - <i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater</i>
CAERN - Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte
CF - Coliformes Fecais
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPRM - Serviço Geológico do Brasil
CT - Coliformes Totais
CV - Cor Verdadeira
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio
Dd – Densidade de drenagem
DT - Dureza Total
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMPARN- Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte
EPA - <i>Enviromental Protection Agency</i>
EUA – Estados Unidos da América
F – Fator de forma

FAO - *Food and Agriculture Organization*

FAPESP - Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo

FUNCERN - Fundação de Apoio a Educação e ao Desenvolvimento Tecnológico do RN

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

FT – Forma do terreno

GPS – *Global Position System*

GLCN - *Global Land Cover Network*

ha – hectare

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Ic – Índice de Circularidade

IDEMA - Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do RN

IFRN - Instituto Federal do Rio Grande do Norte

IGARN – Instituto de Gestão das Águas no Rio Grande do Norte

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Is – Índice de sinuosidade

Kc – Coeficiente de compacidade

MG – Minas Gerais

MT – Mato Grosso

NAAE - Núcleo de Análise de Alimentos e Efluentes

NAT - Nitrogênio Amoniacal Total

NBR – Normas Brasileiras

OD - Oxigênio Dissolvido

ONU - Organização das Nações Unidas

PDI - Processamento Digital de Imagem

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos

PRODETUR - Programa de Desenvolvimento do Turismo no Rio Grande do Norte

RN – Rio Grande do Norte

SEMARH - Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte

SCUT - Sistema de Classificação de Uso da Terra

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico das Américas

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*

SR - Sensoriamento Remoto

SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

UH - Unidade Hazen

USGS – *United States Geologic Service*

UTM – Unidade Transversa de Mercator

uT – Unidade de Turbidez

VMP – Valor Máximo Permitido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	24
2.1	BACIA HIDROGRÁFICA COMO SISTEMA	25
2.2	USO E COBERTURA DA TERRA	31
2.3	GEOTECNOLOGIAS COMO FERRAMENTAS DE ANÁLISE.....	34
2.4	QUALIDADE DA ÁGUA	36
2.4.1	Fontes de poluição	39
2.4.2	Aspectos legais da qualidade da água.....	40
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	42
3.1	MATERIAIS E TÉCNICAS	45
3.1.1	Parâmetros morfométricos.....	47
3.1.2	Caracterização do Uso e Cobertura da Terra	58
3.1.3	Parâmetros de qualidade da água.....	64
3.1.4	Pontos de amostragem de coleta de água	71
4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	77
4.1	CARACTERÍSTICAS NATURAIS	77
4.1.1	Aspectos Geológicos.....	80
4.1.2	Aspectos Geomorfológicos	86
4.1.3	Aspectos Pedológicos	94
4.1.4	Aspectos Vegetativos	101
4.1.5	Aspectos Climáticos	105
4.2	CARACTERÍSTICAS SOCIAIS	107
5	CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DA SUB-BACIA.....	111
5.1	ANÁLISE DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS	111
6	GEOTECNOLOGIA COMO SUPORTE NA ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA.....	120

6.1	ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA	121
7	ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA SEGUNDO A LEGISLAÇÃO VIGENTE	139
7.1	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS E OS LIMITES ESTABELECIDOS PELA LEGISLAÇÃO VIGENTE	143
7.1.1	Qualidade das águas superficiais - rio Gramació, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005	146
7.1.2	Qualidade das águas subterrâneas – poços particulares, segundo a Portaria 2.914/2011	166
	CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	180
	REFERÊNCIAS	184
	APÊNDICE	197

1 INTRODUÇÃO

O processo de desenvolvimento da sociedade tem deixado transformações na paisagem ao longo do tempo e uma das formas de se identificar essa assertiva tem sido a partir da análise do uso e cobertura da terra.

Estudos compreendendo a bacia hidrográfica como a unidade de análise ambiental nos permite conhecer e avaliar as transformações decorrentes do uso e cobertura da terra que nela ocorreram, sendo fundamental para a compreensão das interações físicas e sociais, a partir de uma visão geossistêmica.

A abordagem Geossistêmica de Bertrand (1968) e a Ecodinâmica de Tricart (1977) fizeram com que os estudos em bacias hidrográficas ganhassem importância utilizando a bacia hidrográfica como recorte de análise.

Para Rogalski (2011, p. 14):

A adoção da bacia hidrográfica para estudos ambientais justifica-se por representar um sistema natural bem delimitado no espaço, abrange uma unidade geográfica onde os recursos naturais se integram e, sobretudo, por constituir-se numa unidade espacial de fácil reconhecimento e caracterização, que contém as interações e pressões sobre os sistemas naturais ou criados pelo homem.

Nesse sentido, “a ação antrópica foi incorporada aos estudos ambientais em bacias hidrográficas, como elemento do sistema, condicionando fluxos de matéria e energia” (ROGALSKI, 2011, p.43), pois tais ações podem acarretar perturbações nas relações de equilíbrio e manutenção de um sistema.

No Brasil, o planejamento em bacia hidrográfica adquiriu importância na organização social do território nas últimas décadas. Na década de 80, a resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 01, de 23 de janeiro de 1986, estabelece a bacia hidrográfica como área da avaliação de impacto ambiental, uma vez que as pressões exercidas por atividades humanas refletem diretamente sobre a qualidade das águas, do solo, da vegetação e da vida da população residente em bacias hidrográficas (BRASIL, 1986). Na mesma década, a Constituição Federal de 1988 instituiu que as bacias hidrográficas sejam a base para o planejamento regional.

Posteriormente, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) instituída pela Lei nº 9.433/1997, reforça a importância do planejamento em bacias hidrográficas por meio do inciso II do artigo 7, [...] sendo necessário a “análise de alternativas de

crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo” (BRASIL, 1997). Trata-se de um documento norteador para a gestão das bacias hidrográficas no Brasil desde a sua elaboração, no final da década de 90.

No espaço urbano e rural, os padrões de ocupação divergem em razão da forma de uso e cobertura, porém os problemas convergem igualmente para a redução da qualidade ambiental. No urbano, por exemplo, os principais fatores de deterioração dos rios e lagos são decorrentes da poluição e contaminação por esgotos, principalmente pela ausência de sistema de coleta e tratamento, levando a redução da qualidade dos recursos hídricos. No rural, as práticas agrícolas intensivas remetem a assoreamento dos rios, desmatamento da cobertura florestal, como também, aplicação de agrotóxicos e fertilizantes no solo.

Nesse sentido, tomamos a cobertura florestal localizada ao longo das margens dos corpos hídricos, denominadas de mata ciliar, como exemplo, no processo de uso e cobertura da terra. Do ponto de vista ecológico, a mata ciliar promove a proteção contra a erosão dos solos, a lixiviação de nutrientes, além de representar local de suprimento contínuo de água. Entretanto, do ponto de vista dos diferentes usos da terra esta área é bastante conflitante, pois para o pecuarista, representa obstáculo para o gado ter acesso à água, já para o produtor agrícola, a sua preservação remete na redução de área para o plantio.

Com relação à qualidade da água de uma bacia hidrográfica, esta reflete as condições naturais e da atuação do homem, pois a existência e/ou a introdução de componentes no corpo hídrico podem alterar seu grau de qualidade. Além disso, o uso incorreto e insustentável conduz à degradação dos recursos hídricos, por exemplo, através da captação de água de forma ilegal ou superior a vazão e o recebimento de carga orgânica superior a sua capacidade de suporte.

Os múltiplos processos que controlam a qualidade da água fazem parte de um frágil equilíbrio, motivo pelo qual quaisquer alterações de ordem física, química, biológica ou climática na bacia hidrográfica podem modificar a sua qualidade (ARCOVA; CICCIO, 1999).

Assim, do ponto de vista sistêmico, a identificação dos tipos de uso e cobertura da terra, através do uso das geotecnologias e levantamento de campo, juntamente com a avaliação da qualidade da água das fontes superficiais e subterrâneas por meio de análises laboratoriais remeterá a compreensão das ações antrópicas que influenciam as propriedades naturais da água da sub-bacia, como também, analisar as áreas de preservação permanente (APP), preconizada na legislação vigente.

Sob esse viés, o presente trabalho tem como recorte empírico para análise, compreensão e discussão a sub-bacia do rio Gramació que abrange os municípios de Vila Flor/RN e Canguaretama/RN, ambos localizados na microrregião do litoral sul potiguar, conforme a figura 1. Vale destacar que a sub-bacia faz parte de um sistema de drenagem maior a bacia do rio Catú, que ocupa uma superfície de 208,5 km², correspondendo a 0,4% do território estadual, porém suas águas não são utilizadas para abastecimento público.

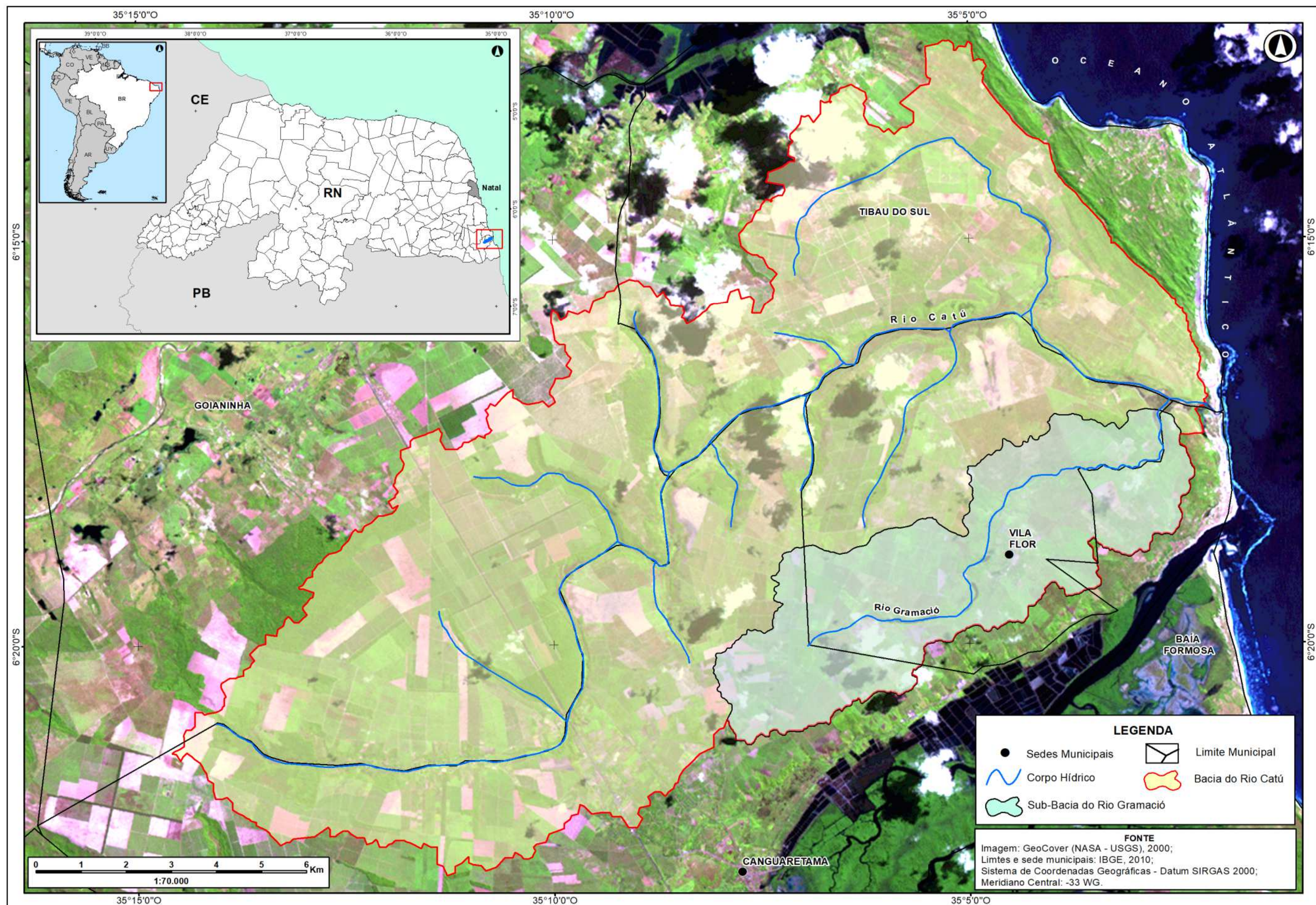


Figura 1- Mapa de localização da bacia do rio Catú e sub-bacia do rio Gramació. Elaborado pelo autor, 2016.

Logo, buscou-se responder através desse trabalho o seguinte questionamento relacionado à sub-bacia do rio Gramació: De que forma o uso e cobertura da terra está interferindo na qualidade dos recursos naturais da sub-bacia do rio Gramació?

Diante disso, para dar conta do problema, o objetivo da pesquisa é analisar as formas de uso e cobertura da terra na sub-bacia do rio Gramació e as consequências sobre os recursos naturais.

Assim, para atender a indagação do objetivo geral, segue os objetivos específicos para a execução da pesquisa na sub-bacia do rio Gramació:

- Caracterização e análise morfométrica;
- Caracterização das formas de uso e cobertura da terra e análise dos aspectos legais relacionados às áreas de proteção; e
- Monitoramento da qualidade da água subterrânea e superficial e análise dos aspectos legais relacionados à qualidade da água.

Considerando essa proposta de pesquisa, o capítulo a seguir irá abordar o referencial teórico e os procedimentos metodológicos para a realização dos objetivos e análise dos resultados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O comportamento de uma bacia hidrográfica ocorre em função de suas características morfológicas, ou seja, área, forma, topografia, geologia, solo e cobertura vegetal, etc. Entretanto, para Alves e Castro (2003), grande parte dos trabalhos científicos envolvendo bacias hidrográficas evidencia somente o aspecto qualitativo, ou seja, a forma, deixando evidente a necessidade do emprego de métodos quantitativos para estudos dessa natureza.

Logo, entender as características morfológicas da bacia hidrográfica e as inter-relações existentes torna-se necessário, como também, expressar suas características em termos quantitativos através da análise morfométrica (LIMA, 2008).

Nesse contexto, a base teórica utilizada para esse estudo foi a Teoria Geral dos Sistemas elaborada pelo biólogo Ludwig von Bertalanffy (2015 [1977], p. 62), cujo objetivo é a “formulação de princípios válidos para os sistemas em geral, qualquer que seja a natureza dos elementos que os compõem e as relações ou forças existentes entre

eles”. A Teoria Geral dos Sistemas buscou formular princípios independentemente das entidades que os constituíam, entendendo-os como uma emergência, ou seja, a totalidade que não se reduz a uma simples soma de seus constituintes (GOMES, 2009).

Essa teoria resultou na abordagem Geossistêmica, por meio de Viktor Borisovich Sotchava (1977), cujo conceito corresponde ao termo biogeocenose, ou área homogênea elementar, cuja classificação trata-se de sistemas dinâmicos abertos e hierarquicamente organizados.

Porém, o conceito de Sotchava é otimizado em 1968 pelo francês Georges Bertrand, que dá à unidade geossistêmica um sentido mais específico, com a delimitação da escala no estudo da paisagem.

Nesse sentido, entendendo a bacia hidrográfica como um sistema aberto, integrado e dinâmico, o estudo da sua composição deve levar em consideração a matéria, a energia e a estrutura. A matéria corresponde ao material transportado, como a água e o sedimento; a energia é o trabalho que possibilita o transporte do material; e a estrutura é constituída pelos elementos e suas relações (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Desta forma, entendendo a bacia hidrográfica como sistema, as ações decorrentes das formas de uso e cobertura da terra poderão acarretar impactos na estrutura do sistema. Com isso, a partir da visão geossistêmica, as ações antrópicas tais como: desmatamento e poluição das águas desencadeiam um desarranjo da dinâmica natural que compõe o sistema hidrológico de uma bacia hidrográfica.

Assim, os sub-capítulos a seguir irão tratar sobre os conceitos abordados nesse estudo acerca de bacias hidrográficas, do uso e cobertura da terra e qualidade da água.

2.1 BACIA HIDROGRÁFICA COMO SISTEMA

A palavra “sistema” tem origem grega *Synhistanai*, cujo significado é colocar junto. Christofolletti (1999, p. 4) resgata o vocábulo sistema como sendo, “um conjunto organizado de elementos e de interações entre os elementos”.

O início da temática na ciência moderna apresenta uma grande contribuição quando surge a Teoria Geral dos Sistemas proposta por Ludwig Von Bertalanffy apresentada em caráter inaugural no seminário filosófico em Chicago/EUA, no ano de 1937. Nesse contexto, Bertalanffy (2015 [1977], p. 84) “descreve sistema como sendo

uma totalidade que se fundamenta em um complexo de elementos em estado de interação”.

Uma das motivações para sua teoria é com relação ao esgotamento e às limitações dos esquemas metodológicos da ciência clássica.

A necessidade resultou do fato do esquema mecanicista das séries causais isoláveis e do tratamento por partes ter se mostrado insuficiente para atender aos problemas teóricos, especialmente nas ciências bios-sociais, e aos problemas práticos propostos pela moderna tecnologia. A viabilidade resultou de várias novas criações – teóricas, epistemológicas, matemáticas, etc. – que, embora ainda no começo, tornaram progressivamente realizável o enfoque dos sistemas (BERTALANFFY, 2015 [1977], p. 31).

Essa teoria procurou encerrar com a especialização dos estudos científicos, propondo uma abordagem holística dos fenômenos naturais, onde esses sistemas funcionam através de um equilíbrio dinâmico, sendo esse equilíbrio quebrado com novo aporte de matéria e energia no sistema, que busca uma nova situação de equilíbrio nessa nova situação (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Segundo Bertalanffy (2015 [1977], p. 62), seu objetivo “é a formulação de princípios válidos para os sistemas em geral, qualquer que seja a natureza dos elementos que os compõem e as relações ou forças existentes entre eles”.

Porém, vale resgatar que no século XIX havia discussões que buscavam um entendimento menos fragmentado do mundo, por exemplo, através de Alexander Von Humboldt e Charles Darwin, que dentro da abordagem chamada de naturalismo, conduziram estudos complexos e integradores dos sistemas naturais.

Neto (2008, p. 73), descreve que a concepção sistêmica em Geografia pode ser detectada já nos primórdios de sua sistematização por Alexander von Humboldt no final do século XVIII:

O qual, por intermédio do conceito de *Landschaft*, considerava o meio geográfico em sua totalidade, funcionando mediante as inter-relações vigentes entre seus componentes, delineando-se assim as primeiras rupturas com o paradigma mecanicista e reducionista na interpretação do meio.

O advento dos estudos geográficos, a luz da análise integrada da paisagem, ajudou sobremaneira a consolidar a abordagem sistêmica no âmbito da Geografia Física (NETO, 2008, p. 74).

Os primeiros traços interpretativos com bases sistêmicas na Geografia Física, especificamente, dentro da geomorfologia podem ser verificados na Teoria do Ciclo Geográfico de Willian Morris Davis (VICENTE; PEREZ FILHO, 2003).

Na Escola Geomorfológica Alemã, Albrecht Penck e Walther Penck, defensores de um entendimento integrador dos elementos que compõem a superfície terrestre se contrapuseram às ideias de Davis, baseada na noção de ciclo, tida como “finalista” (CASSETI, 2005).

Cassetti (2005, p. 8), explica que:

No final da década de 30 do Século XX, os norte-americanos se interessaram pelas críticas de Walther Penck à teoria davisiana. A interpretação de Penck (1924) ao ciclo geográfico, divulgada durante o Simpósio de Chicago (1939), foi incorporada pelos seguidores de Davis, criando novos paradigmas.

Contrariando a postura tida como subjetiva de Davis, os autores americanos “convertidos” propunham fatos objetivos, estudados sob a ótica da quantificação, valorizando as relações processuais.

A partir da década de 1940 até 1960, a quantificação, a teoria dos sistemas e fluxos e o uso da geografia quantitativa assumem a vanguarda nos estudos geomorfológicos, valorizando a análise espacial e o estudo das bacias de drenagem (CASSETI, 2005).

A adoção da Teoria Geral dos Sistemas pela escola anglo-americana, nos estudos de Robert Horton, Arthur Strahler, John Hack e outros, representou a ruptura definitiva frente ao paradigma Davisiano, onde a análise morfométrica e areal de bacias hidrográficas e canais fluviais tiveram avanços consideráveis, principalmente, através dos trabalhos de Horton e Strahler (NETO, 2008).

A análise de bacias hidrográficas começou a apresentar caráter mais objetivo a partir de 1945, com o trabalho do engenheiro hidráulico Robert Horton, onde procurou estabelecer as leis do desenvolvimento dos rios e bacias, como também, a ordenação dos cursos d'água através de uma abordagem de caráter quantitativo ou morfométrico (CHRISTOFOLETTI, 1980). A ordem dos cursos d'água consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra.

De acordo com Christofolletti (1980), Horton propôs que o rio principal é consignado pelo mesmo número de ordem desde a sua nascente, utilizando uma abordagem quantitativa que serviu para uma nova concepção metodológica, desenvolvendo e utilizando análises racionais, ao invés de empíricas, para a solução de problemas hidrológicos.

Posteriormente, Arthur Strahler em 1952 elimina o conceito de que o rio principal deve ter o mesmo número de ordem em toda a sua extensão e a necessidade de se refazer a numeração a cada confluência.

Segundo Cardoso et al., (2006), Strahler propõe uma classificação hierárquica dos canais formadores de uma bacia hidrográfica, em distintas ordens, onde os menores canais sem tributários são considerados de primeira ordem, já os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, em seguida os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, os de quarta ordem surgem da confluência de canais de terceira ordem. Essa classificação possibilitou diferenciar os canais quer sejam perenes, intermitentes ou efêmeros, podendo assim definir o tipo de uso que se faz de cada um (TEODORO, 2007).

Em ambos os procedimentos o conceito de ordem ou de hierarquia é aplicável à rede de canais em bacias hidrográficas, podendo a rede pode ser decomposta em segmentos discretos de acordo com as regras do sistema de ordenação propostas por Horton ou Strahler.

Nos estudos hidrológicos, as redes de drenagens fluviais tiveram um papel central na compreensão da ocorrência, distribuição, movimentação da água e de suas propriedades, assim como os estudos geomorfológicos (MACHADO et al., 2011), principalmente no que se refere aos estudos de evolução do modelado da superfície terrestre (ALVES e CASTRO, 2003).

Pesquisas científicas sobre drenagens fluviais têm importante função e aplicação na geomorfologia (SANTOS e LIMA, 2009), afirmada por Christofolletti (1980, p. 102), em que “a análise da rede hidrográfica pode levar à compreensão de numerosas questões geomorfológicas, pois os cursos de água constituem processos morfogenéticos dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre”. Desta forma, entende-se que as características morfométricas refletem algumas propriedades do terreno, como o

deflúvio das águas das chuvas, o que expressam estreita correlação com a estrutura geológica e a formação superficial dos elementos que compõem a superfície terrestre (PISSARA et al., 2004).

Neste contexto, a análise morfométrica corresponde a um conjunto de procedimentos que caracterizam aspectos geométricos e de composição dos sistemas ambientais, servindo como indicadores relacionados à forma, ao arranjo estrutural e a interação entre as vertentes e a rede de canais fluviais de uma bacia hidrográfica (CHRISTOFOLETTI, 1999), que por sua vez evidenciam situações e valores que vão além das questões hidrológicas e geomorfológicas.

Assim, considerando a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, a Política Nacional de Recursos Hídricos, documento norteador para a gestão das bacias hidrográficas no Brasil, instituída no final da década de 90, pela lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, incorpora princípios e normas para a gestão de recursos hídricos adotando a bacia hidrográfica para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Desde então, a unidade bacia hidrográfica é utilizada para realização de ordenamento territorial, gestão dos recursos hídricos, planejamento conservacionista, ecológico, de uso do solo e planejamento ambiental (BOTELHO, 2011).

Entretanto, o conceito de bacias hidrográficas na literatura segue duas linhas: as de caráter técnico e físico, que consideram os aspectos atuantes na sua formação e funcionamento; e as de caráter integrador e dinâmico, com uma inter-relação entre as variáveis que compõem as bacias, como os aspectos físico-ambientais e socioeconômicos (FARIAS e SILVA, 2015).

Como exemplos de caráter técnico e físico, a definição de Tucci (1997) caracteriza a bacia hidrográfica como uma área de captação natural da água de precipitação, onde converge o escoamento para um único ponto de saída, apresentando um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem em um leito único no seu exutório.

Já Tretin (2007), considera a bacia hidrográfica uma unidade ideal para planejamento integrado dos recursos naturais, definida como uma área fisiográfica,

drenada por um curso de água que converge direta ou indiretamente para um leito ou espelho d'água.

Botelho (2011) entende como uma área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus tributários, sendo limitada pelo divisor de água.

A definição para bacia hidrográfica dada por Barrella (2001), apud Teodoro et al., (2007, p. 138), detalha os aspectos físicos e os processos de formação da bacia, explicando que se trata de:

Um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocarem no oceano ou lagos.

O conceito de bacia hidrográfica ganhou novos lineamentos com enfoque na compreensão da relação sociedade-natureza e sua influência no espaço geográfico, o que traz uma abordagem integradora para o campo de investigação da atual Geografia. Assim, tornou-se necessário reconhecer na dinâmica das águas, a importância de se estabelecer a bacia hidrográfica como limite geográfico para se trabalhar o equilíbrio ecológico (ROGALSKI, 2011).

Desta forma, a bacia hidrográfica, a partir de uma visão integradora e dinâmica, é entendida como:

(...) célula básica de análise ambiental, a bacia hidrográfica permite conhecer e avaliar seus diversos componentes e os processos e interações que nela ocorram. A visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita na adoção desta unidade. (BOTELHO e SILVA, 2007, p. 153).

Mediante o exposto, fica evidente que o conceito de bacia hidrográfica está associado à noção de sistema, pois qualquer evento que ocorra em um dos seus componentes (elementos), sendo de origem antrópico ou natural, vai interferir na dinâmica desse sistema, alterando assim a qualidade e quantidade das suas águas.

Teodoro et al., (2007) elenca conceitos das bacias hidrográficas não somente pela sua superfície total, mas pela grande sensibilidade às chuvas de alta intensidade (curta

duração), pelo fator uso do solo, como também, pelas alterações na quantidade e qualidade da água.

Sob esse aspecto, a noção de escalas de análise entre as sub-bacias e bacias grandes é fundamental para o monitoramento dos impactos ambientais de forma orientada a identificação das causas destes impactos (LEONARDO, 2003).

De acordo com Leonardo (2003, p. 7):

Uma bacia pequena é um elemento de escala de análise ambiental muito singular, pois representa o elo entre a escala micro, correspondente àquele nível de análise, verificação, medição, monitoramento e intervenção *in loco* e a macroescala de análise, que corresponde à paisagem, região, bacia hidrográfica.

Para Ryff (1995), as pequenas bacias constituem unidades naturais de planejamento agrícola e ambiental, adequadas a implantação de novos padrões de desenvolvimento rumo ao ideal de um desenvolvimento sustentável. Pois, apresentam vantagens para um gerenciamento simultâneo, interdependente e cumulativo de seus aspectos econômicos, sociais e ambientais, além de oferecer condições geográficas e sociais favoráveis.

Assim, nesse estudo buscou-se o caráter integrador através da identificação e análise das implicações sobre os recursos naturais, especificamente da qualidade da água e cobertura vegetal, decorrente do uso e cobertura da terra na sub-bacia do rio Gramació, pois os argumentos que fundamentam a adoção da bacia hidrográfica como unidade de gestão está na apropriação do conceito de sistema, onde qualquer alteração quer seja natural ou antrópica pode afetar as características naturais, devido à interconexão existente entre os elementos constituintes do sistema.

2.2 USO E COBERTURA DA TERRA

Estando o uso e cobertura da terra, voltados para uma análise socioeconômica e ambiental, é necessário que sejam compreendidos e definidos, alguns conceitos pertinentes a essa discussão.

Novo (1989), afirma que o termo uso da terra refere-se ao antrópico através das suas atividades desenvolvidas no espaço geográfico, fazendo uso dos recursos da terra.

De acordo com Bie, Leeuwen e Zuidema (1996), existem inúmeras definições de uso da terra, onde de modo geral, referem-se a atividades de manejo, conduzidas pelo

homem, relacionadas a uma área de terra ou a um ecossistema. Algumas definições afirmam que o uso da terra atende às necessidades humanas, isto é, que o uso da terra tem um determinado propósito.

Com relação ao termo cobertura da terra, para Araújo et al., (2007) está diretamente associada com tipos de cobertura natural ou artificial, que é de fato o que as imagens de sensoriamento remoto são capazes de registrar. Novo (1989) refere-se o termo cobertura da terra ao recobrimento da superfície terrestre por vegetação natural ou artificial bem como através das construções antrópicas.

Assim, utilizaremos o termo uso e cobertura da terra definida por Novo (1989) e Araújo et al., (2007) que corroboram com a conceituação adotada pelo manual técnico de uso da terra.

No Brasil, os primeiros trabalhos sobre uso da terra iniciaram no final da década de 1930, onde predominaram estudos sobre a colonização do sul do Brasil e da ocupação da Amazônia. A partir da década de 1950 até 1960 passaram a preponderar os estudos sobre padrões espaciais, analisados a partir de processos produtivos. Esses estudos permitiram a evolução para as análises da caracterização de variáveis específicas da ocupação, como a distribuição de propriedades rurais, análise dos rebanhos, da expansão do povoamento ou das frentes pioneiras (BRASIL, 2013).

Na década de 1970, os avanços foram em análises classificatórias das formas e das dinâmicas de uso da terra, a partir de focos temáticos, como também o uso no meio técnico e acadêmico através de procedimentos estatísticos na Geografia, com ênfase nas análises quantitativas, principalmente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e universidades (BRASIL, 2013).

No entanto, as análises quantitativas, nessas instituições não apresentavam sistematização dos procedimentos utilizando sensores remotos. O trabalho pioneiro na sistematização “utilizando sensores remotos como ferramenta de interpretação dos fenômenos espaciais de significado nacional foi o levantamento sistemático de recursos naturais, realizado pelo Projeto RADAMBRASIL utilizando imagens de radar” (BRASIL, 2013, p. 29),

O conhecimento do uso do território através de imagens orbitais evoluiu orientado para os recursos naturais. Nesse sentido, Santos e Silveira (2004) analisaram que as

imagens do satélite americano Landsat 1, recebidas na estação brasileira do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em Cuiabá-MT, no ano de 1974, possibilitaram trabalhos nas escalas cartográfica de até 1:100.000 e, na década de 1980, as imagens do satélite francês SPOT 1, aumentaram as escalas para 1:30.000.

Os trabalhos de uso da terra desenvolvidos no RADAMBRASIL, conforme descrito por Sokolonski e Domingues (1998, apud IBGE, 2013, p. 26):

Tiveram ênfase na avaliação da capacidade média de uso da terra e da capacidade econômica de uso dos recursos naturais renováveis, com metodologias que se apoiaram na ponderação das feições geomorfológicas, dos tipos de solos, da fisionomia da vegetação e das características climáticas, estando de certa forma mais ligados aos conceitos de aptidão de terras do que àqueles voltados para a Geografia.

A partir da década de 1980, os estudos eram voltados para o reconhecimento de padrões de uso da terra, principalmente para apoiar aqueles de análises integradas da paisagem. Nesses estudos houve a incorporação das técnicas de geoprocessamento e de sensoriamento remoto para a interpretação de fotografias aéreas e imagens de média resolução espacial. Inicia-se o avanço da tecnologia espacial, caracterizando o momento da disponibilidade de produtos de satélites imageadores da terra como marco de uma nova era dos estudos de Uso da Terra (BRASIL, 2013).

Com a incorporação do Projeto RADAMBRASIL ao IBGE os estudos de uso da terra mesclaram os conhecimentos de cada instituição, voltando-se para análises regionais e para o ordenamento territorial. Neste contexto, os trabalhos de uso da terra foram desenvolvidos na conjuntura dos estudos integrados de diagnósticos e zoneamentos ambientais e a sua percepção partia da compreensão de suas características e dinâmica, objetivando identificar os processos produtivos e os possíveis impactos ambientais decorrentes (SOKOLONSKI e DOMINGUES, 1998, apud BRASIL, 2013, p. 26).

Tendo em vista que a utilização de imagens de satélite vem se tornando uma importante ferramenta para avaliar e identificar as mudanças no uso da terra, a interpretação de imagens de sensores remotos visa à identificação de padrões homogêneos, onde a espacialização e a classificação desses padrões permitem apontar a distribuição geográfica e a tipologia de uso, revelando grande potencial de análise.

Nessa perspectiva, a exemplo da utilização de imagens de sensores remotos, Petta, Fernandes e Nascimento (2008) visando à gestão das atividades sócio-econômicas e a conservação da área estuarina do rio Curimataú, inserida nos municípios de Canguaretama e Baía Formosa (RN), o estudo objetivou a análise e a dinâmica espacial e temporal da cobertura da terra, por técnicas de sensoriamento remoto utilizando cenas de fotografias aéreas e do satélite IKONOS II.

No mapeamento do uso e cobertura da terra, segundo Keller (1969, p. 151) “somente o registro dos fatos em mapas poderá mostrar as áreas e a distribuição real das diferentes formas de uso do espaço”.

Na mesoregião oeste potiguar, Lima Júnior e Silva (2014) utilizaram cenas do satélite Landsat 5/TM para caracterizar e mapear alterações na cobertura da terra de assentamentos rurais no município de Apodi/RN, onde os resultados demonstraram alteração na cobertura da terra ao longo do tempo após a instalação de assentamentos, com redução de 25% da cobertura vegetal e aumento de 26,1% de solo exposto.

Para isso, a classificação multinível dos padrões homogêneos utilizada neste estudo, parte do Sistema de Classificação de Uso da Terra (SCUT), do manual técnico de uso da terra da coleção de manuais técnicos em geociências elaborados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A classificação parte da divisão do universo em três níveis de abstração, sendo o nível I (Classe) e II (Subclasse) explicita o uso da terra propriamente dito. Neste patamar é imprescindível a utilização de dados exógenos aos sensores remotos, como aqueles obtidos a partir de observações em campo, de inventários, entrevistas e documentação em geral, onde permitem conduzir uma análise sobre os usos dos recursos naturais e suas implicações, especialmente na qualidade das águas.

2.3 GEOTECNOLOGIAS COMO FERRAMENTAS DE ANÁLISE

O estudo dos objetos geográficos pressupõe uma série de conhecimentos e informações que podem ser trabalhadas, a partir das novas tecnologias que fazem uso de dados espaciais.

Nesse sentido, as geotecnologias ofertam uma diversidade de ferramentas que são fundamentais para análise de fenômenos geográficos, consequentemente, no planejamento e suporte às decisões (AMARO; SANTOS; SOUTO, 2012).

Os estudos voltados para as diversas manifestações decorrentes do uso e cobertura da terra e dados morfométricos das bacias hidrográficas, encontram nas ferramentas de geotecnologias os recursos operacionais necessários para a aplicação de métodos e técnicas na análise pretendida.

Entre as geotecnologias estão os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), o Sensoriamento Remoto (SR) por satélites e o Processamento Digital de Imagem (PDI), são ferramentas que permitem tratar um conjunto de dados de forma integrada ou individual na análise dos fenômenos espaciais (ROSA, 2005).

Tendo em vista a importância da informação espacializada, a análise de fenômenos geográficos considera a localização geográfica uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la. Desta forma, os SIG's são ideais para integrar dados, informações cartográficas de naturezas e escalas diferentes e estão cada vez mais oferecendo uma maneira rápida para realizar trabalhos voltados para a gestão dos recursos naturais e território (IBGE, 2013).

A vantagem de um SIG é o estabelecimento das relações espaciais entre os elementos gráficos, pois permite realizar estudos de lugares, de características e propriedades distintas. Com isso, as pesquisas sobre o uso da terra em um SIG oferecem subsídios às formas mais eficientes, configurando uma ferramenta de gestão do território, auxiliando na tomada de decisões sobre determinado espaço (IBGE, 2013).

Nesse contexto, o termo geoprocessamento surgiu como um conjunto de técnicas de processamento e análise de dados espaciais, a partir dos conceitos de manipulação de dados espaciais georreferenciados em ambiente SIG (CÂMARA e ORTIZ, 1998).

Com o advento do geoprocessamento os procedimentos para delimitar bacia hidrográfica e suas métricas, por exemplo, apresentam maior rapidez e eficiência. Um exemplo a ser citado é o trabalho elaborado por Sodré et al., (2007), cujo objetivo foi identificar as unidades geomorfológicas de uma sub-bacia no alto curso do rio Jequitaiá/MG, a partir da delimitação automatizada de bacias de drenagem e de seus atributos morfométricos.

Já o SR é a obtenção de dados ou imagens de um objeto que está distante do sensor de amostragem, onde inclui imagens de satélite, radar, e fotografias aéreas, digitais ou não (PARANHOS FILHO, 2008).

Segundo Novo (1992), SR tem o objetivo de estudar o ambiente terrestre através de registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações. Os sensores a bordo de satélites permitem a obtenção de informações para serem feitas análises multi-temporais, relativas a áreas, durante períodos longos de tempo. Por exemplo, a análise das mudanças do uso e cobertura da terra em uma bacia hidrográfica pode ser realizada através de sensoriamento remoto (CÂMARA et al., 1996).

Para isso, o emprego das técnicas de Processamento Digital de Imagem (PDI) em produtos digitais de sensores remotos, possibilita realçar as informações superficiais do terreno imageado para uma melhor análise e interpretação da paisagem (AMARO; SANTOS; SOUTO, 2012) constituindo uma técnica importante que possibilita que uma imagem “bruta” seja processada e interpretada o mais próximo possível do que condiz com a realidade.

De modo geral, as aplicações dessas ferramentas serviram de apoio na caracterização e análise dos dados morfométricos, pois possibilitará compreender de forma quantitativa o arranjo espacial do sistema de drenagem, principalmente no que se refere aos estudos de evolução do modelado da superfície da sub-bacia, como também, o quanto a sub-bacia do rio Gramació é susceptível a enchentes, como também, na compreensão das formas de uso e cobertura da terra da sub-bacia do rio Gramació/RN, pois permitirá analisar de forma quantitativa e qualitativa os padrões de uso e cobertura da terra e seus efeitos sobre os recursos naturais a luz da legislação ambiental.

2.4 QUALIDADE DA ÁGUA

Na natureza, a água adquire impurezas nas diversas fases do ciclo hidrológico através de gases atmosféricos e substâncias dissolvidas de origem mineral e orgânica, ocorrendo diversos processos químicos, físicos e biológicos na água que alteram suas características físicas, químicas e biológicas e o seu grau de qualidade de uma maneira ampla e simplificada.

Essas características podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade que estão associados a uma série de processos de origem natural e antrópicas que ocorrem na bacia hidrográfica.

Os processos de origem natural e antrópica controlam a qualidade da água de um determinado manancial, ou seja, “esse controle é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem” (SPERLING, 2014). No contexto dos processos antrópicos, os usos da água são classificados em usos não-consuntivos e usos consuntivos, onde podem de alguma forma comprometer a qualidade da água.

Conforme explica Rodrigues (2007), os usos consuntivos “são aqueles em que devido às características do processo há perdas entre o que é retirado do corpo d’água e o que retorna a ele”. Já os usos não-consuntivos são aqueles em que não há perda de água, já que a quantidade que entra é a mesma ou aproximadamente a mesma que termina com o processo. Percebe-se que as definições estão voltadas para subtração de água do corpo hídrico. Na tabela 1, são citados alguns exemplos dos tipos de usos da água.

Tabela 1- Tipos de usos consuntivos e não-consuntivos da água.

Tipos de usos da água	
Usos Consuntivos	Usos Não-Consuntivos
Urbanos	Transporte
Industriais	Recreativos
Agrícolas	Ecológicos
Pecuária	Energéticos
Domésticos	Aquicultura

Fonte: Adaptado de Rodrigues, 2007.

Os tipos de usos influenciam diretamente os parâmetros que traduzem as características físicas, químicas e biológicas da qualidade da água.

Na área da sub-bacia do rio Gramació, são identificados os seguintes usos consuntivos: pecuária, agrícolas e domésticos. Na pecuária, atividade pouca expressiva na sub-bacia é utilizada para dessedentação dos animais. Já o uso agrícola remete a captação de água, onde é realizada diretamente no rio Gramació para irrigar a cultura da cana-de-açúcar. O doméstico refere-se ao consumo humano para diversos fins, desde o abastecimento, higiene e usos domésticos.

Já os usos não-consuntivos observados na sub-bacia do rio Gramació foram os ecológicos, recreativos e de aquicultura. Os ecológicos remetem a conservação da biodiversidade, os recreativos nesse estudo estão ligados ao contato primário com o rio através da balneabilidade e a aquicultura na utilização de suas águas para a criação de peixe e camarão em tanques localizados no exutório do rio.

Desta forma, para caracterizar a qualidade da água voltada para uso consultivo doméstico, especificamente para o consumo humano, os padrões de qualidade terão como base os estabelecidos através da Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Os padrões colocados pela Portaria nº 2.914, do Ministério da Saúde, estabelecem normas para consumo humano, conferindo a instância municipal ou estadual, a responsabilidade da gestão dos serviços de abastecimento e monitoramento da qualidade da água distribuída pela concessionária.

Porém, nesse estudo a qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade terá como foco as águas de origem subterrânea, captadas através de poços tubulares particulares, que por sua vez, acabam não tomando os cuidados necessários na manutenção e limpeza dos reservatórios (caixas d'água), podendo comprometer a qualidade da água.

Com relação aos padrões de qualidade dos corpos hídricos superficiais, a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional de Meio Ambiente dispõe sobre a classificação dos corpos de água, diretrizes ambientais para o seu enquadramento e limites individuais para cada substância em cada classe, garantindo o equilíbrio dos ecossistemas e do abastecimento humano.

Apesar do corpo hídrico em estudo, rio Gramació, não ter suas águas destinadas para o abastecimento humano, o monitoramento da qualidade do corpo d'água permite acompanhar as alterações influenciadas por fatores bióticos e abióticos da sub-bacia hidrográfica. Para isso foram utilizadas variáveis físico-químicas e biológicas da qualidade da água elencadas nos padrões de qualidade da Resolução que podem ser correlacionadas com as alterações ocorridas na área de estudo. Assim, esse estudo tomará como base os padrões elencados nas legislações citadas.

2.4.1 Fontes de poluição

Em decorrência das ações antrópicas, a qualidade das águas superficiais e subterrâneas pode ser afetada, caracterizando poluição ou contaminação hídrica. A primeira situação entende-se por poluição qualquer alteração nas condições naturais de um corpo d'água. Porém, quando a poluição de um corpo hídrico oferece risco a saúde, diz que há contaminação (LIBÂNIO, 2010).

Com relação à poluição, esta pode assumir caráter permanente, perene, acidental ou sazonal. De caráter permanente, o lançamento contínuo de águas residuárias nos corpos hídricos e as infiltrações oriundas de fossas são exemplos a serem citados. Por outro lado, lixiviação dos solos agricultáveis carreando diversos agrotóxicos aos corpos hídricos exemplifica os tipos de poluição sazonal (LIBÂNIO, 2010).

A área urbanizada existente na sub-bacia do rio Gramació refere-se a sede municipal de Vila Flor/RN. Nela ocorre a poluição de caráter permanente através do lançamento das águas cinzas diretamente nas vias públicas e conduzidas pelo sistema de drenagem até o corpo hídrico. Outra fonte de poluição permanente existente são as infiltrações dos esgotos domésticos através das fossas negras ou sépticas. Tal fato ocorre devido à ausência de sistema de esgotamento sanitário na área urbanizada.

Em termos gerais, a poluição das águas naturais pode ocorrer pela introdução de substâncias ao meio aquático, através das atividades antrópicas, pelo lançamento de efluentes domésticos, e pelo aporte de sedimentos ou agrotóxicos decorrentes da lixiviação dos solos agricultáveis na bacia hidrográfica.

Os principais agentes são (LIBÂNIO, 2010, p. 108):

- Matéria orgânica biodegradável originária de esgotos domésticos, provocando a redução do oxigênio dissolvido do corpo hídrico e a nitrificação da amônia para nitrito e deste para nitrato, onde esse último está associado a doenças como a metamoglobinemia;
- Compostos sintéticos não biodegradáveis, como agrotóxicos e detergentes que conferirão toxicidade ao meio aquático;
- Microorganismos patogênicos, elevando o risco sanitário de consumo humano;
- Sólidos em suspensão, onde as consequências são o assoreamento dos corpos hídricos; e
- Nutrientes, como os compostos de fósforo e de nitrogênio, resultando no aumento de algas cianobactérias e vegetação aquática.

Os despejos são, evidentemente, muito variados, onde estudos revelam que as águas residuais urbanas contenham quantidades consideráveis de matéria em suspensão, metais pesados e, em determinadas épocas, cloro procedente da dispersão de sais nas ruas. A qualidade das águas residuais é muito variável, tendo em certas ocasiões registos de altos índices de demanda biológica de oxigênio (LIBÂNIO, 2010).

Segundo TUNDISI (1999), alterações na quantidade, distribuição e qualidade dos recursos hídricos ameaçam a sobrevivência humana e as demais espécies do planeta, estando o desenvolvimento econômico e social dos países fundamentados na disponibilidade de água de boa qualidade e na capacidade de sua conservação e proteção.

2.4.2 Aspectos legais da qualidade da água

As águas doces, salobras e salinas do território nacional brasileiro são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes. A qualidade requerida está bem definida nas concentrações máximas permitidas para determinadas substâncias, conforme especificado nas legislações vigentes.

A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, onde os padrões de qualidade das águas são determinados nesta resolução estabelecendo limites individuais para cada substância e classe, o que corresponde uma determinada qualidade a ser mantida no corpo d'água, na qual é expressa na forma de padrões, através da referida Resolução.

Assim, divididas as águas, a Resolução CONAMA nº 357/2005, as classifica em função dos usos previstos em treze classes de qualidade, conforme a tabela 2.

Tabela 2 - Classes de enquadramento das águas doces em função dos usos preponderantes, segundo a Resolução CONAMA 357/2005.

USO	CLASSE				
	Especial	1	2	3	4
PRESERVAÇÃO DO EQUILÍBRIO NATURAL DAS COMUNIDADES AQUÁTICAS	(i)				
PROTEÇÃO DAS COMUNIDADES AQUÁTICAS		(h)			
RECREAÇÃO DE CONTATO PRIMÁRIO (*)					
AQUICULTURA					
ABASTECIMENTO PARA CONSUMO HUMANO	(a)	(b)	(c)	(d)	
RECREAÇÃO DE CONTATO SECUNDÁRIO					
PESCA					
IRRIGAÇÃO		(e)	(f)	(g)	
DESSEDENTAÇÃO DE ANIMAIS					
NAVEGAÇÃO					
HARMONIA PAISAGÍSTICA					

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2014).

Notas:

- a) Com desinfecção;
 - b) Após tratamento simplificado;
 - c) Após tratamento convencional;
 - d) Após tratamento convencional ou avançado;
 - e) Hortaliças consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
 - f) Hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;
 - g) Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
 - h) De forma geral, mandatórias comunidades indígenas;
 - i) Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral.
- (*) conforme resolução CONAMA 274/2000 (Balneabilidade).

O enquadramento é um dos instrumentos da PNRH, responsável pela definição da classe de qualidade da água para seus usos preponderantes, onde é influenciado por aspectos técnicos, econômicos, sociais e políticos.

O processo de enquadramento deve considerar todos estes aspectos para que sejam estabelecidas metas de qualidade das águas factíveis de serem alcançadas no horizonte de planejamento estabelecido. Portanto, os usos da água são condicionados pela sua qualidade, assim as águas com maior qualidade permitem a existência de usos mais exigentes, enquanto águas com pior qualidade permitem apenas os usos menos exigentes.

Os padrões de qualidade, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da Norma Brasileira - NBR 9.896/1993 são constituídos por um

conjunto de parâmetros e respectivos limites aos quais os resultados de uma amostra de água são comparados, apurando-se a qualidade da água para um determinado fim. Os padrões são estabelecidos com base em critérios científicos que avaliam o risco e o dano causado pela exposição a uma dose conhecida de um determinado poluente (NASCIMENTO, SPERLING, 1998).

Nesse sentido, apesar da sub-bacia do rio Gramació não estar enquadrada perante o órgão estadual responsável, as águas doces da sub-bacia, apresentam características de uso na classe 2, com exceção do uso para abastecimento para consumo humano. Pois, a área urbanizada existente na sub-bacia utiliza água de fonte subterrânea para o abastecimento público, cuja responsabilidade pelo fornecimento é a CAERN. Assim, os resultados das análises das amostras de água do rio Gramació serão confrontados com os padrões estabelecidos na classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/05.

Desta forma, os parâmetros físicos, físico-químicos e biológicos analisados nesse estudo, conforme preconiza a resolução, são: Temperatura, Oxigênio Dissolvido (OD), Cor Verdadeira, pH, Turbidez, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total, Dureza Total, Salinidade, Cloretos, Coliformes Totais (Presença/Ausência) e Coliformes Fecais (*Escherichia Coli*). Tais parâmetros e os pontos de amostragem serão detalhados mais adiante no item, procedimento metodológico.

Os parâmetros físicos, físico-químicos e biológicos, conforme estabelece a Portaria nº 2.914/11, são: Cor Aparente, pH, Turbidez, Dureza total, Nitrogênio Amoniacal, Nitrato, Nitrito, Sódio, Ferro, Coliformes Totais (Presença/Ausência) e Coliformes Fecais (*Escherichia Coli*). Além dos parâmetros mencionados, a metodologia de coleta e as técnicas analíticas utilizadas para cada parâmetro serão apresentadas no item, procedimento metodológico.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O corrente capítulo apresenta os procedimentos metodológicos indispensáveis para alcançar os objetivos da pesquisa, partindo das abordagens empíricas e teóricas sobre os seguintes temas: bacia hidrográfica, análise morfométrica, uso e cobertura da terra e padrões de qualidade da água, conforme o fluxograma da figura 2.

Para cada tema, será construído um material cartográfico, a partir da coleta de dados primários e secundários, uso das ferramentas de geotecnologias, visitas *in loco* e análises físico-químicas e microbiológicas, onde servirão de base nas análises dos resultados com apoio de gráficos, tabelas e produtos cartográficos na compreensão dos fatores que estejam comprometendo os recursos naturais, especificamente voltados para qualidade da água e cobertura florestal da sub-bacia do rio Gramació.

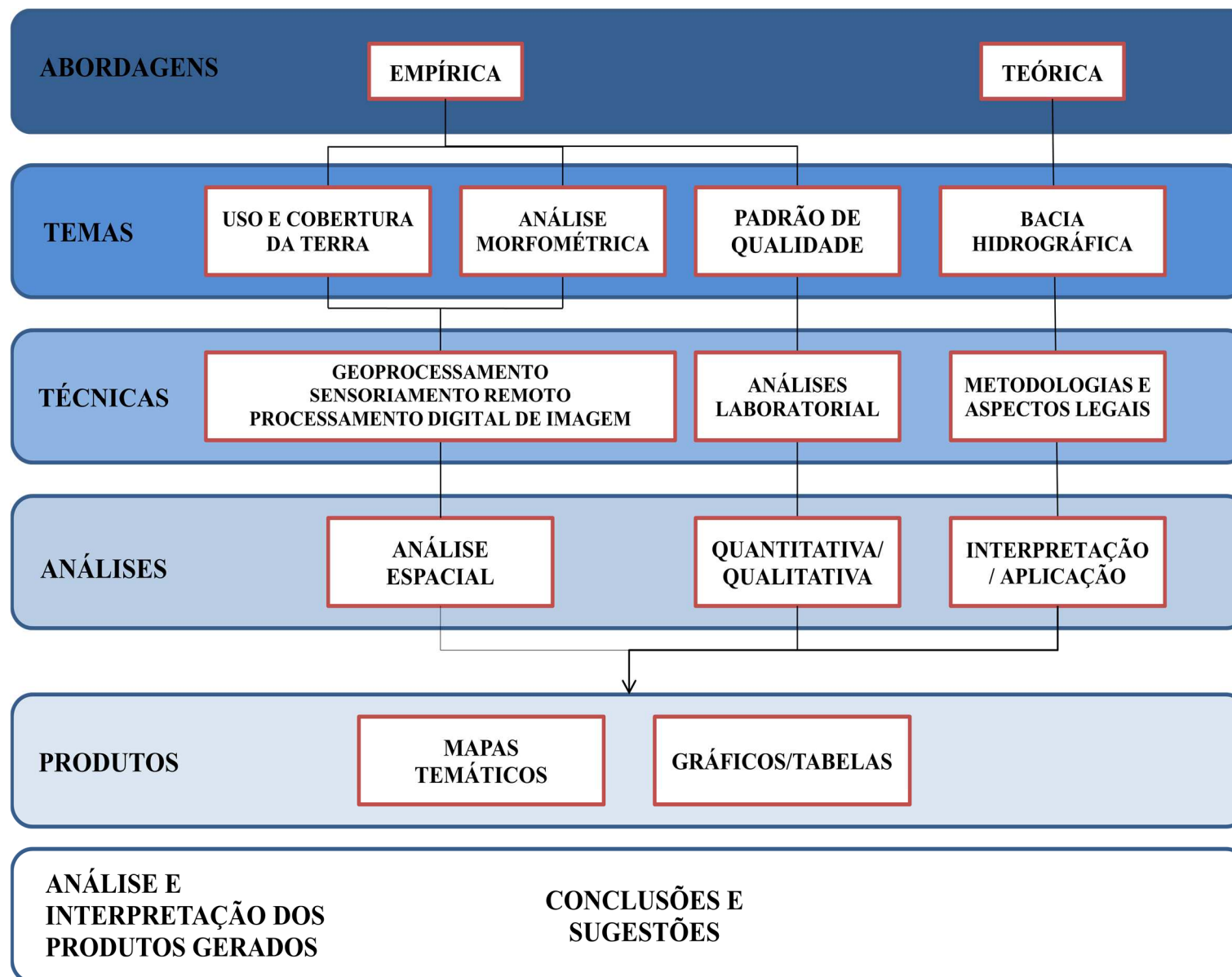


Figura 2 - Fluxograma dos procedimentos para a execução da pesquisa na sub-bacia do rio Gramació. Norma Brasileira.

Desta forma, para a execução desta pesquisa as fases estão subdivididas em: gabinete, campo e pós-campo, elencadas da seguinte forma:

Gabinete

- Levantamento de material cartográfico, aéreo e orbital da área de estudo, tais como: mapas temáticos e imagens multiespectrais de satélite e RADAR;
- Pesquisa bibliográfica (trabalhos acadêmicos e técnicos) sobre os temas: uso e cobertura da terra, análise morfométrica, qualidade da água e bacia hidrográfica;
- Pesquisar metodologias e técnicas no uso das ferramentas de geotecnologias para a caracterização do uso e cobertura da terra, análise morfométrica e coleta de amostra de água, como também;
- Levantamento dos aspectos legais envolvendo os padrões de qualidade da água;
- Definição dos parâmetros de qualidade da água superficial e subterrânea;
- Pré-seleção dos pontos de coleta das amostras de água.

Campo

- Reconhecimento da área de estudo;
- Georreferenciamento por GPS de navegação (Marca Garmin, modelo GPSMAP 64 SCX) e registro fotográfico dos pontos de amostragem;
- Coleta de amostras de água;
- Identificação dos padrões de uso e cobertura da terra.

Pós-Campo

- Validação das informações de campo;
- Tabulação dos resultados das análises laboratoriais;
- Análise dos resultados das amostras de água.
- Análise dos dados morfométricos da sub-bacia do rio Gramació/RN;
- Elaboração de mapas temáticos;
- Compilação dos resultados e sugestões.

3.1 MATERIAIS E TÉCNICAS

Para subsidiar a análise dos temas: parâmetros morfométricos, uso e cobertura da terra e qualidade da água, a tabela 3 lista as informações temáticas, materiais e as respectivas fontes que foram pesquisadas.

Tabela 3 - Informações temáticas, material e fontes de pesquisa.

INFORMAÇÃO	MATERIAL	FONTES
Recursos Hídricos	Arquivos vetoriais	Base de dados da Agência Nacional de Águas – ANA, Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte – SEMARH e Instituto de Gestão das Águas no Rio Grande do Norte – IGARN e mapeamentos <i>in loco</i> .
Uso e Cobertura da Terra	Arquivos vetoriais e imagens de satélite multiespectrais	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE (Censo Agropecuário), Empresa de Pesquisa Agropecuária do RN - EMPARN, Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do RN - IDEMA, mapeamentos <i>in loco</i> e adaptados de mapeamentos realizados.
Pedologia	Arquivos vetoriais	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA Solos, IDEMA e adaptados de mapeamentos realizados.
Geologia	Arquivos vetoriais	Serviço Geológico do Brasil – CPRM e mapeamentos realizados.
Geomorfologia	Arquivos vetoriais	CPRM, IDEMA e adaptados de mapeamentos realizados.
Clima (Pluviosidade)	Dados quantitativos	EMPARN e Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil– INMET e estudos realizados.
Qualidade da água	Amostras de água superficial e subterrânea	Legislação vigente e análises físico-química e microbiológica, Núcleo de Análise de Alimentos e Efluentes - NAAE.
Imagens orbitais e aéreas	Imagens orbitais de Radar (SRTM), satélite multiespectrais e ortofotocartas	IDEMA, Serviço Geológico Americano – USGS, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Sociais	Arquivos vetoriais	Censo IBGE (2010)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Desta forma, os sub-capítulos a seguir descrevem os materiais e técnicas utilizadas nos procedimentos metodológicos para a execução dos temas abordados nesse estudo.

3.1.1 Parâmetros morfométricos

Nos estudos de bacias hidrográficas, diferentes atributos morfométricos foram analisados com o objetivo de estabelecer relações e comparações com as dinâmicas do meio ambiente. Um dos trabalhos precursores, neste tipo de estudo, foi o de Robert Horton (1945) que adotou a abordagem quantitativa para compreender o desenvolvimento dos cursos d'água e das respectivas bacias. Posteriormente, vários estudos foram realizados nessa concepção, por exemplo, por Strahler (1952; 1957). No Brasil, Tolentino et al., (1968) e Christofolletti (1969) adotaram essa abordagem para caracterizar bacias hidrográficas do planalto de São Carlos, assim como a análise morfométrica de bacias hidrográficas.

Nesse sentido, a análise morfométrica corresponde a um conjunto de procedimentos que caracterizam os aspectos geométricos de uma bacia hidrográfica, servindo como indicador relacionado à forma, ao arranjo estrutural e a interação entre as vertentes e a rede de canais fluviais de uma bacia (CHRISTOFOLETTI, 1999), que por sua vez evidenciam situações e valores que extrapolam as questões geomorfológicas.

Nesse contexto, com o advento do geoprocessamento os procedimentos de análise das bacias hidrográficas e suas métricas ganharam maior rapidez e eficiência. Com isso, as características e os parâmetros morfométricos, como também, se a sub-bacia apresenta tendência a enchentes são apresentadas conforme a tabela 4.

Tabela 4 - Características e parâmetros morfométricos de análise.

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS	PARÂMETROS	TENDÊNCIA A ENCHENTES
Características geométricas	Área total (A)	-
	Perímetro total (P)	-
	Coefficiente de compacidade (Kc)	1,00 - 1,25 = alta 1,25 - 1,50 = média > 1,50 = baixa
	Fator de forma (F)	$\geq 0,75$ = alta 0,75 - 0,50 = média $\leq 0,50$ = baixa
	Índice de circularidade (Ic)	> 0,51 = alta 0,51 = média < 0,51 = baixa
Características do relevo	Geometrias das vertentes	-
	Declividade e relevo	-
Características da rede de drenagem	Índice de sinuosidade (Is)	< 1 = canal retilíneo 1 - 2 = transicional > 2 = tortuoso
	Padrão de drenagem	-
	Densidade de drenagem (Dd)	< 5,0 km/km ² = baixa 5,0 - 13,5 km/km ² = média 13,5 - 155,5 km/km ² = alta > 155,5 km/km ² = muito alta
	Comprimento dos canais e rio principal	-
	Ordem dos cursos d'água	-
		-

Fonte: Adaptado de Tonello, 2006 e Coutinho, 2013.

Para a obtenção das características morfométricas da sub-bacia, a informação altimétrica da área de estudo é de fundamental importância para efetuar e analisar os parâmetros morfométricos. Tal informação pode ser adquirida através de cartas topográficas, levantamentos planialtimétricos ou por meio de imagens de sensores remotos ativos.

Nesse estudo foi utilizado a cena S07W036V3 do sensor SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) de resolução espacial de 30 metros, como também, as curvas de nível equidistantes de 5 metros em meio digital das folhas SB-25-Y-A-II-4-NE e SB-25-Y-A-II-4-NO, na escala 1:25.000 do ano de 2006, sendo os sistemas de referência originais reprojatados para SIRGAS 2000 e sistema de coordenadas geográfica, através da ferramenta *Projections and Transformations* do software ArcGIS 10.2.

Um arquivo vetorial tipo polígono no formato *shapefile* (shp) envolvendo a área de estudo foi criado para efetuar o recorte da cena e das curvas de nível através da

ferramenta *Clip* do *software* ArcGIS 10.2, a fim de reduzir a área a ser trabalhada e obter maior controle sobre os processos de análise.

Desta forma, a delimitação da sub-bacia e a ordenação dos cursos d'água, foram elaborados de forma automatizada utilizando a imagem do sensor SRTM e a ferramenta *Hydrology* da extensão *Spatial Analyst* desenvolvido no *software* ArcGIS 10.2, seguindo as etapas conforme a tabela 5.

Tabela 5 - Processo de delimitação automática da sub-bacia e rede de drenagem do rio Gramació, através da ferramenta *Hydrology*.

ETAPAS	DEFINIÇÃO
<i>Fill</i>	Preenchimento da superfície do <i>raster</i> e remoção de pequenas imperfeições.
<i>Flow direction</i>	Direção do fluxo de entrada para encontrar todos os conjuntos de células conectadas que pertencem à mesma bacia de drenagem.
<i>Flow accumulation</i>	A alta acumulação refere-se a áreas de fluxo concentrado (canais de córregos), já os fluxos difusos são áreas elevadas, podendo identificar os cumes.
<i>Flow length</i>	Calcula o trajeto do fluxo mais longo dentro de uma dada bacia.
<i>Stream order</i>	Cria a ordenação numérica para os segmentos do <i>raster</i> representando filiais de uma rede linear.
<i>Stream to feature</i>	Transformação do <i>raster</i> para <i>feature</i> (arquivo vetorial)
<i>Basin</i>	Criação da bacia de drenagem localizando o ponto de escoamento (exutório).

Fonte: Adaptado de ESRI (2017).

Consequentemente, após a espacialização da rede de drenagem o padrão existente na área de estudo foi identificado com base na interpretação visual da malha dos canais em comparação com os modelos apresentados por Christofletti (1980).

Após a delimitação da sub-bacia, foi possível calcular os seguintes parâmetros morfométricos: área total, perímetro total e comprimento dos canais e rio principal através da *Calculate Geometry* no *software* ArcGIS 10.2.

A área total (A) equivale a toda área drenada pelo sistema pluvial inclusa entre seus divisores topográficos situados a altitudes superiores à da saída da bacia que separa as bacias adjacentes, projetada em plano horizontal, sendo elemento básico para o cálculo de diversos índices morfométricos. O perímetro (P) é o comprimento da linha

imaginária ao longo do divisor de águas, tais parâmetros são essenciais para o cálculo de diversos índices morfométricos (TONELLO, 2006).

Com relação ao comprimento dos canais e do rio principal, estes semelhantemente ao conceito de razão de bifurcação, utilizando-se, ao invés do número, o comprimento dos canais existentes na bacia hidrográfica (LIMA, 2008)

Já o parâmetro morfométrico forma de terreno (geometria das vertentes), as representações das curvaturas horizontais e verticais das vertentes foram espacializadas no *software* ArcGIS 10.2, a partir do arquivo matricial Forma de Terreno (FT) da cena 06S36 disponibilizado pelo INPE através do projeto TOPODATA.

De acordo com Caseti (2005), as geometrias das vertentes se caracterizam como a mais básica das formas de relevo, por permitir compreender o processo evolutivo do relevo em diferentes situações e por sintetizar as diferentes formas do relevo tratadas pela geomorfologia, encontrando-se diretamente modificada pelo homem e suas atividades.

Segundo Silva Neto (2013, p. 8):

“Entre geometria de vertente e os processos de pedogênese e morfogênese se estabelece uma relação entendido como a relação da vertente em propiciar o desenvolvimento dos solos, através do componente vertical ou perpendicular (pedogênese) ou o desenvolvimento dos processos erosivos pelo componente paralelo (morfogênese)” (Figura 3).

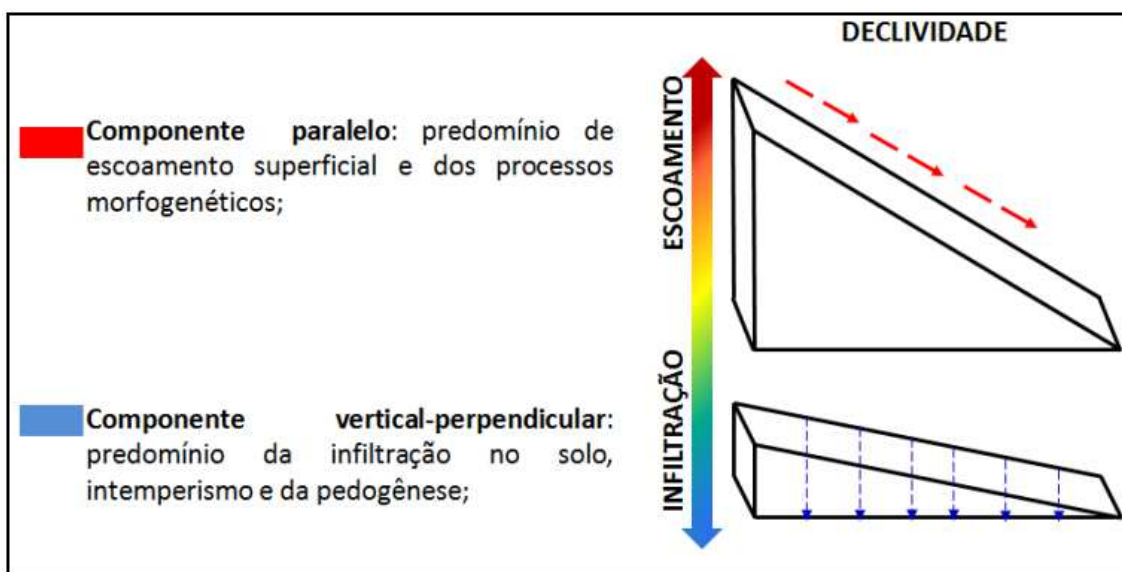


Figura 3 - Relação da declividade da vertente e processos morfogenético e pedogenético. Fonte: Silva Neto, 2013.

Segundo Valeriano (2008) as classes de curvaturas horizontais (convergente, planar e divergente) e verticais (côncavo, retilíneo e convexo), podem ser combinadas para fornecer indicação da forma do terreno.

A curvatura horizontal, definida como uma derivada de segunda ordem, porém, não da elevação, mas das curvas de nível, expressa o formato da vertente quando observada em projeção horizontal. Já a curvatura vertical é definida com a segunda derivada da altitude, o que pode ser descrito como a variação da declividade ao longo de uma determinada distância (VALERIANO, 2008).

As curvaturas podem ser usadas para descrever as características físicas de uma bacia de drenagem em um esforço para entender os padrões de erosão do solo, bem como o escoamento e distribuição de água na terra.

As vertentes convergentes tendem a concentrar o fluxo de água e as vertentes divergentes tornam o escoamento difuso. Quanto mais concentrado o fluxo de água, maior é transporte de partículas como também maior o potencial de erosão (BIGARELLA, 2003).

Tricart (1957) afirma ser a vertente o elemento dominante do relevo na maior parte das regiões do Brasil, mostrando-se, portanto, como forma de relevo mais importante para o homem.

Nesse sentido, as curvaturas horizontais e verticais das geometrias das vertentes na área da sub-bacia rio Gramació foram representadas conforme o modelo e as cores da figura 4, onde foram espacializadas sobre a área da sub-bacia, conforme a figura 38.

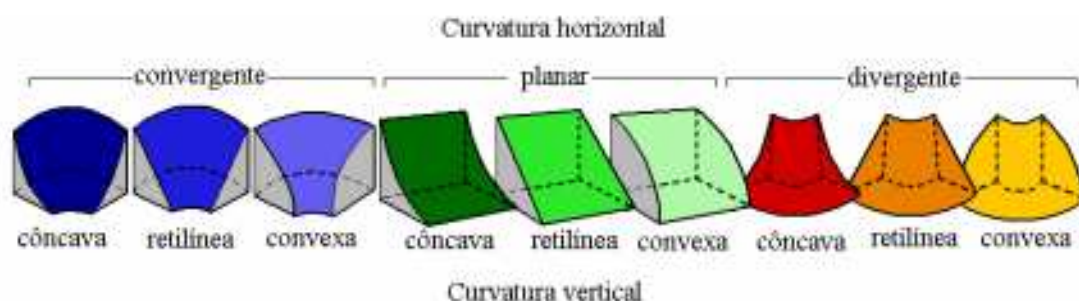


Figura 4 - Geometrias das vertentes representando a curvatura horizontal e vertical das vertentes.
Fonte: Valeriano, 2008.

Já a declividade, expressa como sendo a variação de altitude entre dois pontos do terreno em relação à distância que os separa, é a inclinação da superfície do terreno em relação a horizontal, ou seja, é dada pelo ângulo de inclinação (zenital) da superfície do terreno em relação a horizontal, onde os valores de declividade podem variar de 0° a 90°, e serem expressos em porcentagem (BRASIL, 2007).

A declividade tem relação direta com a velocidade do escoamento superficial e no transporte de sedimentos para os leitos fluviais que constituem a rede de drenagem das bacias, sendo que os picos de enchente, infiltração e susceptibilidade a erosão dos solos dependem da rapidez do escoamento nos terrenos da bacia (VILLELA e MATTOS, 1975).

Segundo Tonelo et al., (2006, p. 853):

A ausência de cobertura vegetal, classe de solo e intensidade de chuvas, dentre outros, associada à maior declividade, conduzirá à maior velocidade de escoamento, menor quantidade de água armazenada no solo e resultará em enchentes mais pronunciadas, sujeitando a bacia à degradação. Assim, a magnitude dos picos de enchentes ou a menor oportunidade de infiltração e susceptibilidade à erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento superficial, que está fortemente relacionado com o relevo.

Consequentemente, a classificação do relevo da área de estudo foram desenvolvidos com o uso da ferramenta *Surface* através da função *Slope* do *software* ArcGIS 10.2, sobre o recorte da imagem do sensor SRTM. As classes de declividade são classificadas em seis intervalos distintos: Plano: 0 a 3%; Suave Ondulado: 3 a 8%; Ondulado: 8 a 20%; Forte Ondulado: 20 a 45%; Montanhoso: 45 a 75% e Escarpado: > 75%, conforme preconiza o Manual Técnico de Pedologia do IBGE (BRASIL, 2007), através do *software* ArcGIS 10.2 (Tabela 6).

Tabela 6 - Classes de declividade e tipo de relevo.

Declividade (%)	Relevo
0 - 3	Plano
3 - 8	Suave ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Forte ondulado
45 - 75	Montanhoso
> 75	Escarpado

Fonte: Manual Técnico de Pedologia (BRASIL, 2007).

Os parâmetros morfométricos: Coeficiente de compacidade (Kc), Fator de forma (F), Índice de circularidade (IC), Índice de sinuosidade (Is) e Densidade de drenagem foram obtidos, a partir das equações listadas na tabela 7 e calculadas no *software* Excel.

Tabela 7 - Parâmetros morfométricos e suas respectivas equações.

PARÂMETROS	EQUAÇÃO
Coeficiente de compacidade (Kc)	$Kc = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$ <p>P = Perímetro e A = Área de drenagem</p>
Fator de forma (F)	$F = \frac{A}{L^2}$ <p>A = Área de drenagem e L = Comprimento do eixo da bacia</p>
Índice de circularidade (IC)	$IC = \frac{12,57 \times A}{P^2}$ <p>A = Área de drenagem e P = Perímetro</p>
Índice de sinuosidade (Is)	$Is = 100 \frac{(L - Dv)}{L}$ <p>L = Comprimento do canal principal e Dv = Distância vetorial do canal principal</p>
Densidade de drenagem (Dd)	$Dd = \frac{Lt}{A}$ <p>Lt = Comprimento total dos cursos d'água e A = Área de drenagem</p>

Fonte: Adaptado de Tonello (2006).

O parâmetro coeficiente de compacidade (Kc), trata-se de um número adimensional, onde indica a susceptibilidade da bacia a ocorrência de enchentes (CARDOSO et al., 2006), relaciona a bacia a um círculo e quanto mais irregular for à bacia, maior será o coeficiente de compacidade e mais suscetível à enchentes (VILLELA e MATTOS, 1975).

Ao contrário do coeficiente de compacidade, o fator de forma (F), relaciona a formada bacia com a de um retângulo e, quanto menor o valor, mais alongada é a bacia e menor a probabilidade de ocorrer enchentes, cujo resultado pode ser obtido através da

equação proposta por Horton (1945). O resultado pode ser influenciado por características como geologia, processos hidrológicos e o comportamento hidrológico da bacia (CARDOSO et al., 2006).

De acordo com Coutinho (2013, p. 5770), “a forma alongada apresenta menor possibilidade de enchentes, gerando um perfil de equilíbrio entre cheias e vazão”. A forma alongada da sub-bacia do rio Gramació assemelha-se ao exemplo da Bacia A da figura 5.

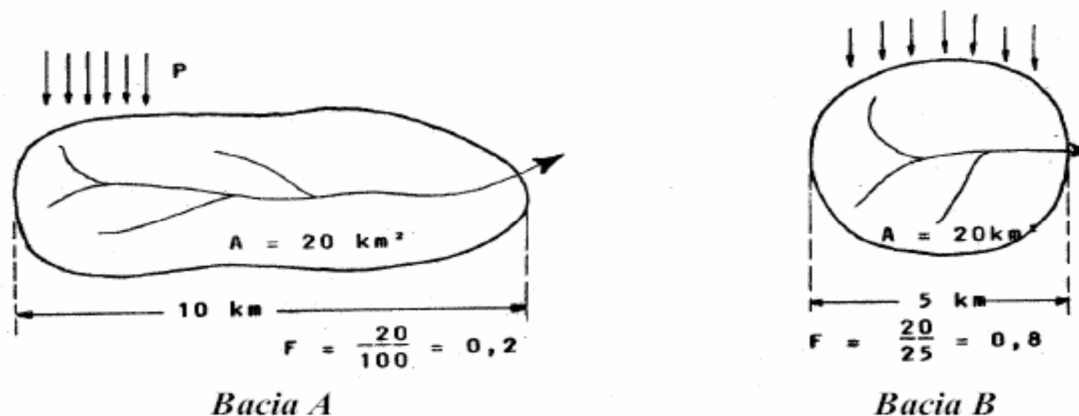


Figura 5 - Exemplificação do fator de forma para duas bacias de mesma área. Fonte: LIMA, 2008.

O escoamento direto de origem fluvial na bacia (A) não se concentra de forma rápida como na bacia (B), pois bacias longas e estreitas como a (A) são mais dificilmente atingidas integralmente por chuvas intensas, conforme figura 35. Comparativamente, bacias de fator de forma maior têm maiores chances de sofrer inundações do que bacias de fator de forma menor (LIMA, 2008).

Com relação ao índice de circularidade (I_c), o parâmetro representa a relação entre a área total da sub-bacia e a área de um círculo de perímetro igual ao da área total da bacia. Valores próximos a 1 de circularidade, mostram que a bacia é mais sujeita a inundações. Ou seja, o índice aumenta à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que se torna alongada.

Já o índice de sinuosidade (I_s) demonstra o quanto o canal é meandrante, conseqüentemente, influenciando a velocidade de escoamento, onde acaba funcionando como um controlador dos canais retilíneos, intermediários e tortuosos.

Conforme Marcuzzo et al., (2012), o índice possui classes e pode ser dividido de acordo com a tabela 8.

Tabela 8 - Índices de sinuosidade divididos por classes.

Classe	Descrição	Limites %
I	Muito Reto	<20
II	Reto	20 a 29
III	Divagante	30 a 39,9
IV	Sinuoso	40 a 49,95
V	Muito Sinuoso	>50

Fonte: Marcuzzo et al. (2012).

Dentro da bacia, a forma da rede de drenagem também apresenta variações baseada em critérios geométricos e genéticos, sendo a estrutura geológica o principal fator, estabelecendo controles sobre o padrão de drenagem através de inclinações regionais da superfície ou através de descontinuidades estruturais como falhas e fraturas, que podem acarretar assimetria da bacia de drenagem ou mudança brusca do padrão de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Nesse sentido, a densidade de drenagem indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia (CARDOSO, et al., 2006), onde correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica, definida inicialmente por Horton.

Segundo Christofolletti (1980), o cálculo da densidade da drenagem é importante na análise das bacias hidrográficas porque apresenta relação inversa com o comprimento dos rios. Quanto maior a Dd, maior a capacidade dos cursos d'água drenarem o escoamento superficial diminuindo a possibilidade de ocorrer enchentes. À medida que aumenta o valor numérico da densidade ocorre diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem.

As bacias podem ser classificadas em função da densidade de drenagem em: (LIMA, 2008):

- Baixa Dd: 5,0 km/km²
- Média Dd: 5,0 - 13,5 km/km²
- Alta Dd: 13,5 - 155,5 km/km²
- Muito alta Dd: > 155,5 km/km²

Tonello et al., (2006, p. 853), explica que “valores baixos estão geralmente associados a regiões de solos e rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração da precipitação”, como também, indiretamente sob a influência da vegetação.

Com relação ao comprimento dos canais e do rio principal, estes semelhantemente ao conceito de razão de bifurcação, utilizando-se, ao invés do número, o comprimento dos canais existentes na bacia hidrográfica (LIMA, 2008).

A ordem ou hierarquia fluvial consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso de água no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra. Isso é realizado com a função de facilitar e tornar mais objetivo os estudos morfométricos sobre as bacias hidrográficas (CHRISTOFOLETTI, 1980). De acordo com Tucci (1997), a ordem dos cursos d'água representa o grau de ramificação do sistema de drenagem da bacia e pode ser determinada seguindo-se os critérios introduzidos por Horton e Strahler.

Neste estudo, utilizou-se a classificação apresentada por Strahler, pois a ordenação proposta por ele elimina o conceito de que o rio principal deve ter o mesmo número de ordem em toda a sua extensão e a necessidade de se refazer a numeração a cada confluência. O grau de ramificação do sistema de drenagem identificado na sub-bacia foi de 2ª ordem.

O procedimento de ordenação proposto por Strahler, onde os menores canais, sem tributários, são considerados como de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e de primeira ordem; os canais de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem, podendo receber tributários das ordens inferiores, seguindo sucessivamente.

Deste modo, os procedimentos para a execução das características morfométricas da sub-bacia do rio Gramació podem ser observados na figura 6, onde são apresentados as técnicas, os arquivos de saída e os respectivos *softwares* utilizados nesse tema da pesquisa.

PARÂMETROS	TÉCNICAS	ARQUIVOS DE SAÍDA	SOFTWARES
Delimitação da sub-bacia	Ferramenta <i>SpatialAnalyst</i> Função <i>Hydrology</i>	Vetorial (.shp)/ Raster	ArcGIS 10.2
Área total (A) Perímetro total (P) Comprimento dos canais e rio principal	<i>CalculateGeometry</i>	Vetoriais (.shp)	ArcGIS 10.2
Coefficiente de compacidade (Kc) Fator de forma (F) Índice de circularidade (Ic) Índice de sinuosidade (Is) Densidade de drenagem (Dd)	Equações	.xls	Excel
Formas de terreno ou Geometria das Vertentes	Ferramenta <i>Surface</i> Função <i>Curvature</i>	Raster -	ArcGIS 10.2
Declividade e relevo	Ferramenta <i>Surface</i> Função <i>Slope</i>		
Ordem dos cursos d'água	Ferramenta <i>SpatialAnalyst</i> Função <i>Hydrology</i>		
Padrão de drenagem	Visual/Interpretativa	-	-

Figura 6 - Esquema dos procedimentos para a execução das características morfométricas da sub-bacia do rio Gramació.

3.1.2 Caracterização do Uso e Cobertura da Terra

O levantamento do uso e cobertura da terra indica a distribuição geográfica da tipologia do uso, identificada por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre. Desta forma, entende-se por levantamento o conjunto de operações necessárias à elaboração de uma pesquisa que pode ser resumida por meio de mapas temáticos (IBGE, 2013).

Para isso, é necessária a realização de algumas etapas envolvendo pesquisas em escritório, campo e pós-campo, voltadas para a coleta e registro de observações da paisagem, interpretação e análise, relativos aos tipos de uso e cobertura da terra, visando sua classificação e espacialização por meio de documentos cartográficos.

O levantamento do uso e cobertura da terra é de grande utilidade para o conhecimento atualizado das formas de uso e de ocupação do espaço, constituindo importante ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão, pois fornece subsídios para as análises e avaliações dos impactos ambientais, como os provenientes de desmatamentos e alteração na qualidade da água decorrentes do processo de urbanização e pelas transformações rurais (IBGE, 2013).

No entanto, para os levantamentos do uso e cobertura da terra é recomendado que seja dada atenção a quatro princípios básicos na estruturação do sistema de classificação (HEYMANN, 1994):

- A escala de mapeamento;
- A natureza da informação básica;
- A unidade de mapeamento; e
- A nomenclatura (Sistema de classificação).

A escala é a proporção entre a representação gráfica de um objeto e a medida correspondente de sua dimensão real. Em mapas trata-se de representações reduzidas do mundo real, onde cada distância é expressa na mesma unidade de medida e reduzida de tal forma que o numerador seja representado pela unidade.

De acordo com IBGE (2013), os mapeamentos de reconhecimento variam de acordo com o objetivo do trabalho, por exemplo, as escalas entre 1:750.000 até 1:50.000, atendem ampla faixa de objetivos, perpassando pelo planejamento regional e de bacias hidrográficas a nível estadual e municipal.

Os mapeamentos em maiores escalas, igual ou acima de 1:50.000, abrangem diferentes intensidades de detalhes. Desta forma, a representação da escala de mapeamento adotada nesse estudo será do tipo semi-detalhada a detalhada, variando de 1:50.000 a 1:10.000, onde o desafio é determinar a escala que especificará o quanto a extrapolação poderá ser feita sem perder a representação da heterogeneidade dos sistemas componentes (SANTOS, 2004).

Segundo Santos (2004, p. 46), os conceitos de heterogeneidade e homogeneidade são dependentes da escala porque a variação da natureza dos componentes do meio pode ou não se expressar através dela.

Atualmente os trabalhos desenvolvidos na área de mapeamento fazem uso de imagens orbitais ou aéreas, cujo conceito de resolução espacial está relacionado com a capacidade de cada sensor em detectar os objetos da superfície terrestre, onde a área do terreno é representada através de uma estrutura matricial, sendo o pixel seu elemento principal de uma imagem.

Nesse contexto, é necessário remeter ao termo acuidade visual, que é determinada pela menor imagem retiniana percebida pelo indivíduo em distinguir até 0,2 mm (SADECK, 2009). Desta forma, para calcular as escalas em função da resolução espacial, aplica-se a seguinte equação 01.

Equação 01

$$\text{Escala} = \frac{\text{Resolução Espacial (m)} \times 1000}{\text{Acuidade Visual}} \quad \text{ou} \quad \text{Escala} = \frac{\text{Resolução Espacial(m)}}{0,0002 \text{ (m)}}$$

Para a obtenção da resolução estimada para uma determinada escala aplica-se a seguinte equação 02.

Equação 02

$$\text{Resolução} = \frac{\text{Escala} \times \text{Acuidade Visual}}{1000} \quad \text{ou} \quad \text{Resolução} = \text{Escala} \times 0,0002 \text{ (m)}$$

Desta forma, as imagens utilizadas nesse estudo serão as ortofotocartas na escala 1:25.000 do ano de 2006, nas Folhas SB-25-Y-A-II-4-NE e SB-25-Y-A-II-4-NO, decorrentes do Programa de Desenvolvimento do Turismo no Rio Grande do Norte – PRODETUR, com resolução espacial de 2 metros, como também, imagem orbital do satélite RapdiEye, com resolução espacial de 5 metros do ano de 2011, o que possibilitará realizar a análise temporal e espacial do uso e cobertura da terra na sub-bacia do rio Gramació.

Segundo Keller (1969, p. 151) “somente o registro dos fatos em mapas poderá mostrar as áreas e a distribuição real das diferentes formas de uso do espaço”.

Para isso, os dados de imagens orbitais são importantes fontes para o mapeamento do tema uso e cobertura da terra, embora seja necessário agregar dados exógenos de naturezas diversas durante a interpretação dos padrões homogêneos de uso da terra (BRASIL, 2013), por exemplo, visitas em campo para validar a interpretação.

Uma unidade de mapeamento pode ser designada por um único tipo de cobertura ou de uso da terra ou pela associação de vários tipos de componentes, cujos limites podem apresentar-se nítidos ou difusos entre si (IBGE, 2013). Nesse contexto, quanto menor a resolução espacial do sistema maior o poder de detalhamento, ou seja, maior o seu poder de distinguir entre objetos muito próximos e assim inferir diferentes classes.

Nesse aspecto, o programa *Global Land Cover Network* (GLCN) da *Food and Agriculture Organization* (FAO) da Organização das Nações Unidas (ONU), desenvolveu um sistema de classificação próprio do uso e cobertura da terra denominado *Land Cover Classification System* (LCCS), cuja finalidade é uniformizar os critérios de classificação das coberturas para o mapeamento global, onde é definido através de critérios e diagnósticos, organizados hierarquicamente, compondo fórmulas alfanuméricas representativas das classes.

No Brasil o projeto de uso e cobertura da terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) surgiu da necessidade de um referencial nacional para o estabelecimento de normas e critérios a serem utilizados na elaboração de mapeamento de uso e cobertura da terra (IBGE, 2013).

Ângelo (2010) comparou o modelo proposto pela FAO do LCCS e o modelo elaborado pelo IBGE, e observou que os dois sistemas apresentavam diferenças conceituais. Enquanto o sistema de classificação do LCCS aborda apenas cobertura da terra, o sistema de classificação do IBGE faz uma mistura entre uso e cobertura.

Desta forma, a nomenclatura para o levantamento do uso e cobertura da terra adotado nesse estudo foi o Sistema de Classificação de Uso da Terra (SCUT), elaborado pelo IBGE através do manual técnico de uso da terra. A nomenclatura foi organizada de acordo com as subclasses do Nível II do SCUT, conforme o esquema teórico apresentado na tabela 9.

Tabela 9 - Sistema de Classificação do Uso e Cobertura da Terra (SCUT) – IBGE (2013).

NÍVEL I CLASSE	NÍVEL II SUBCLASSE
Áreas Antrópicas Não Agrícolas	Áreas Urbanizadas
Áreas Antrópicas Agrícolas	Culturas Temporárias
	Culturas Permanentes
	Pastagens
Áreas de Vegetação Natural	Área Florestal
	Área Campestre
Outras Áreas	Áreas Descobertas (Solo Exposto)
Água	Águas Continentais (Aquicultura)

Fonte: Adaptado do SCUT, IBGE (2013).

Segundo Sokal (1974), a classificação é uma representação abstrata dos objetos na superfície da terra, através do ordenamento e o arranjo de objetos em grupos ou conjuntos baseados em seu relacionamento.

Nesse sentido, o levantamento do uso e cobertura da terra descreve de forma completa a variedade e a distribuição geográfica da tipologia de uso e cobertura, identificada através de padrões homogêneos da cobertura terrestre.

Assim, o quadro 1 apresenta as definições das subclasses do Nível II do SCUT trabalhadas nesse estudo, conforme IBGE, 2013.

Quadro 1 - Definições das Subclasses do Nível II do Sistema de Classificação do Uso e Cobertura da Terra (SCUT).

NÍVEL II SUBCLASSE	DEFINIÇÃO
Áreas Urbanizadas	Compreendem as áreas correspondentes as cidades (sedes municipais), às vilas (sedes distritais) e às áreas urbanas isoladas, cujo uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, predomina as superfícies artificiais não agrícolas. Estão incluídas nesta categoria as metrópoles, cidades, vilas, áreas de rodovias, serviços e transporte, energia, comunicações e terrenos associados, áreas ocupadas por indústrias, complexos industriais e comerciais e instituições que podem em alguns casos encontrar-se isolados das áreas urbanas.
Culturas Temporárias	É o cultivo de plantas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a produção deixam o terreno disponível para novo plantio. Dentre as culturas destacam-se as de raízes, tubérculos e hortaliças, como também, as lavouras semipermanentes como cana-de-açúcar e mandioca.
Culturas Permanentes	Compreende o cultivo de plantas perenes, isto é, de ciclo vegetativo de longa duração sem a necessidade de novos plantios após colheita. Nesta categoria estão espécies frutíferas, como cajueiros, coqueiros e bananeiras.
Pastagens	Trata-se de áreas destinadas ao pastoreio do gado, formada mediante plantio de forragens perenes ou aproveitamento e melhoria de pastagens naturais. Nestas áreas, o solo está coberto por vegetação de gramíneas e/ou leguminosas, cuja altura pode variar de alguns decímetros a alguns metros.
Área Florestal	Consideram-se como florestais as formações arbóreas com porte superior a 5 m, incluindo-se as da Floresta Densa, da Floresta Aberta, da Floresta Estacional, da Floresta Ombrófila Mista e das áreas de mangues.
Área Campestre	Entendem-se como áreas campestres as diferentes categorias de vegetação fisionomicamente bem diversa da florestal, ou seja, aquelas quês e caracterizam por um estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso.
Áreas Descobertas	Trata-se de áreas sem vegetação, desenvolvidas no interior do continente ou nas zonas de praias, como também, áreas de extração abandonadas e sem cobertura vegetal.
Águas Continentais	Referem-se aos corpos d'água naturais e artificiais que não são de origem marinha, tais como: rios, canais, lagos e lagoas de água doce, represas, açudes, etc.

Fonte: Adaptado de IBGE, 2013.

Nesse contexto, as imagens aéreas e orbitais permitem identificar as características de uso e cobertura da terra, desempenhando um importante papel na área de recursos hídricos devido às resoluções: espacial, temporal e espectral das imagens, obtendo rapidez nos resultados (JENSEN, 2009). Assim, a partir das classes do uso e cobertura da terra na sub-bacia do rio Gramació é possível realizar uma análise de relação entre as formas de uso, a qualidade da água, o arranjo espacial do sistema de drenagem e a distribuição da cobertura vegetal compreendendo a faixa de proteção ao longo do rio Gramació.

Para a identificação das classes por meio das imagens, as operações de realce e contraste foram utilizadas, através do *software* ENVI, como também, os parâmetros: cor, forma e textura (GOLTZ et al., 2009), possibilitando identificar e categorizar os padrões

A figura 7 apresenta as etapas para a realização do mapeamento digital e classificação do uso e cobertura da terra.

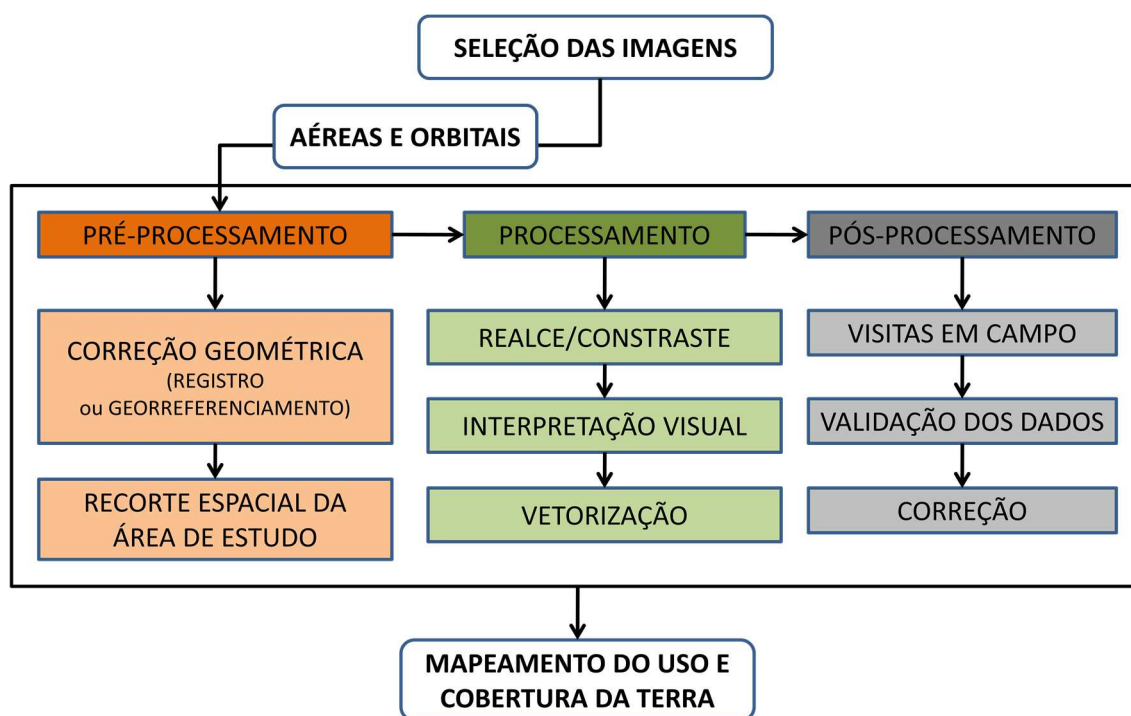


Figura 7 - Fluxograma das etapas dos procedimentos metodológico para o mapeamento das classes do uso e cobertura da terra na sub-bacia do rio Gramació.

Após a seleção das imagens referentes à área de estudo, a etapa de pré-processamento tem como objetivo preparar as imagens para serem utilizadas no

mapeamento. Ela inclui corrigir as distorções sistemáticas das imagens durante o processo de aquisição através da correção geométrica (Registro ou Georreferenciamento), que equivale ao processo de assinalar coordenadas cartográficas aos dados de uma imagem. O método de correção utilizado foi o *image-to-image*, através do *software* ArcGIS 10.2, que consiste em utilizar uma imagem georreferenciada como base. Para esse procedimento foram utilizadas as ortofotocartas SB-25-Y-A-II-4-NE e SB-25-Y-A-II-4-NO, na escala de 1:25.000, na correção da imagem do satélite *RapidEye*.

O recorte das imagens foi efetuado através da ferramenta *Clip to Raster* do *software* ArcGIS 10.2, a fim de reduzir a área que contemple a sub-bacia.

Já a etapa do processamento consiste em técnicas que objetivam melhorar a qualidade visual das imagens, através de realce e contraste das imagens, a fim de auxiliar no processo de interpretação dos objetos e posterior vetorização. Nessa etapa, o processo de interpretação considerou as cores, as texturas, os arranjos e as formas como características das feições observadas nas imagens, permitindo a identificação de padrões nas imagens e vinculá-los as subclasses do IBGE por meio da vetorização via *software* ArcGIS 10.2 gerando arquivo do tipo polígono.

O pós-processamento está relacionado com o resultado da etapa anterior referente à interpretação da imagem. Desta maneira, após a vetorização das classes, coordenadas geográficas das classes são coletadas e lançadas no equipamento de GPS de navegação para referenciar geograficamente as visitas em campo, com o intuito de validar as classes obtidas durante o trabalho de interpretação, para assim efetuar as necessárias correções das áreas vetorizadas.

Assim, o sensoriamento remoto e as técnicas de PDI auxiliaram na identificação das classes do uso e cobertura da terra da sub-bacia do rio Gramació, assim como, as ferramentas de geoprocessamento, a fim de obter informações quantitativas das mesmas.

3.1.3 Parâmetros de qualidade da água

A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas.

Tendo em vista a significativa importância da água e a sua possível contaminação por efluentes domésticos, principalmente em virtude da ausência de esgotamento sanitário na área da sub-bacia do rio Gramació, esta pesquisa monitorou por meio de indicadores 9 parâmetros físico-químicos e 2 microbiológicos das alíquotas de água do rio Gramació e 11 parâmetros físico-químicos e 2 microbiológicos das amostras de água dos poços particulares

Os parâmetros foram analisados pelos laboratoriais do Núcleo de Análise de Águas, Alimentos e Efluentes (NAAE) e pela Companhia de Águas e Efluentes do Rio Grande do Norte (CAERN), onde permitiram caracterizar físico-químico e microbiologicamente as águas superficiais e subterrâneas, e assim considerar as possíveis interferências decorrentes das formas de usos da terra, como também, das características naturais da sub-bacia.

Desta forma, os parâmetros de qualidade de água analisados nessa pesquisa terão como base legal os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 e os padrões conforme a Portaria nº 2.914/2011, do Ministério da Saúde.

Para a seleção dos parâmetros estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 e na Portaria nº 2.914/2011, foram considerados os tipos de uso e da cobertura terra na área de estudo, onde após visitas realizadas *in loco*, foi observada na área urbana problemas decorrentes da ausência de esgotamento sanitário e na área rural, problemas relacionados com a ausência de cobertura vegetal nas margens do rio Gramació, em função do plantio da cultura de cana-de-açúcar.

Em razão do manancial de superfície não ser utilizado para abastecimento humano, o sistema de distribuição de água na sub-bacia é realizado pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) através de captação subterrânea, onde são adotados os procedimentos de desinfecção conforme estabelece a Portaria nº 2.914/ 2011. Entretanto, alguns moradores fazem uso de poços tubulares para captar água subterrânea, para diversos usos, especialmente para o consumo, porém os cuidados com os aspectos sanitários e sobre de qualidade são não evidenciados nos resultados das análises.

De acordo com o artigo 4º da Portaria, toda água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual de abastecimento de água,

independentemente da forma de acesso da população, está sujeita à vigilância da qualidade da água. Nesse sentido, entende-se que a solução alternativa individual remete a poços tubulares, sendo os de domínio particular objeto de interesse nesse estudo, porém, não estão sujeitas as obrigações sanitárias de qualidade da água.

Assim, o estudo procurou realizar análises da qualidade da água do corpo hídrico, conforme preconiza os padrões estabelecidos na Resolução nº 357/2005, através dos parâmetros: Temperatura, Cor Verdadeira (CV), pH, Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total (NAT), Salinidade, Cloretos, Coliformes Totais (Presença/Ausência) e Coliformes Fecais (*Escherichia Coli*).

Com relação às análises da água dos poços particulares, a fim de verificar se a mesma está em conformidade com os padrões estabelecidos na Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, foram analisados os seguintes parâmetros físico-químicos e biológicos: Cor Aparente (CA), pH, Turbidez, Dureza Total (DT), Nitrogênio Amoniacal (NH³), Nitrato (NO³⁻), Nitrito (NO²⁻), Sódio, Ferro (Fe⁺³) e Coliformes Totais (Presença/Ausência).

O quadro 2 apresenta o conceito dos parâmetros analisados, sua importância e a origem antrópica.

Quadro 2 - Parâmetros analisados conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005 e Portaria nº 2.914/2011.

PARÂMETROS	CONCEITO	IMPORTÂNCIA	ORIGEM
Temperatura	Medição da intensidade de calor.	Indicador de lançamento de substâncias elevando a temperatura no corpo d'água e diminuição da solubilidade dos gases.	Despejos industriais e águas de torres de resfriamento.
Cor Verdadeira	É uma característica física devido a existência de substâncias dissolvidas, ou em estado coloidal, na maioria dos casos de natureza orgânica.	Caracterização dos corpos d'águas e indicador de substâncias dissolvidas de origem natural e antrópica em amostras de água sem turbidez.	Pode originar-se de processo erosivo ou de despejos domésticos e industriais.
Cor Aparente	Refere-se à determinação de cor em amostras com turbidez (com material coloidal ou em suspensão).	Atendimento ao padrão de potabilidade e identificar possível dissolução de material das tubulações de ferro que conduzem a água.	É causada por matéria em suspensão.
pH	O pH é um índice que caracteriza o grau de acidez ou de alcalinidade de um determinado ambiente (AYERS; WESTCOT, 1994). O balanço dos íons hidrogênio e hidróxido (OH-) determinam o quão ácida ou básica ela é.	Caracterização dos corpos d'águas e indicador da condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água	Despejos domésticos e industriais.
Oxigênio Dissolvido (OD)	É a concentração de oxigênio (O ₂) contido na água, essencial para todas as formas de vida aquática, como também, para os organismos aeróbios, durante a estabilização da matéria orgânica.	Vital para os seres aquáticos aeróbios, sendo o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos.	Valores superiores a saturação são indicativos da presença de algas. Valores inferiores indicativos da presença de matéria orgânica.
Turbidez	É uma medida do espalhamento de luz produzido pela presença de partículas coloidais ou em suspensão.	Indica a presença de substâncias dissolvidas em amostras de água com argila, silt, substâncias orgânicas ou inorgânicas finamente divididas, plâncton e algas.	Pode originar-se de processo erosivo ou de despejos domésticos e industriais.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅)	Consumo de oxigênio dissolvido pelos organismos nos processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica.	Caracterização dos corpos d'água e indicador do potencial do consumo do oxigênio dissolvido, pelos microorganismos decompositores.	Pode originar-se de despejos domésticos.
Fósforo Total	A determinação de fósforo total compreende todas as suas formas (ortofosfato, polifosfato e orgânico), originando-se da dissolução de compostos do solo e da decomposição de matéria orgânica.	Constitui-se no principal fator limitante ao desenvolvimento de algas e plantas no meio aquático, sendo um dos principais nutrientes para os processos biológicos.	Pode ter origem de despejos domésticos, industriais, detergentes, fertilizantes e excrementos de animais.
Nitrogênio Amoniacal Total	O nitrogênio amoniacal total (representado por NH _x) compreende as formas do íon amônio [NH ₄ ⁺] e amônia [NH ₃] dissolvidos, e a proporção entre elas depende de temperatura, salinidade e, principalmente, pH.	A determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição, pois na forma de amônia esta indica poluição mais recente.	Pode ter origem de despejos domésticos, industriais, detergentes, fertilizantes e excrementos de animais.
Amônia	Formas reduzidas presentes em condições anaeróbias.	Atendimento ao padrão de potabilidade. A presença de amônia indica contaminação recente e pode estar relacionada à construção precária dos poços e falta de proteção do aquífero.	Pode originar-se de esgotos domésticos, industriais e criatórios de animais.
Nitrito	Forma intermediária encontrada em concentrações insignificantes sob condições aeróbias em virtude da quase instantânea oxidação a nitrato.	Atendimento ao padrão de potabilidade. Forma intermediária de contaminação	Processos de decomposição e oxidação de compostos orgânicos provenientes de infiltração de esgoto de fossas sépticas e canalizações defeituosas.

Nitrato	Forma oxidada de nitrogênio, encontrada em condições de aerobiose.	Atendimento ao padrão de potabilidade. Forma avançada de contaminação.	Lixiviação de fertilizantes inorgânicos e/ ou processos de decomposição e oxidação de compostos orgânicos provenientes de infiltração de esgoto de fossas sépticas e canalizações defeituosas.
Ferro	Apresenta-se nas formas de Fe^{+3} (hidróxido férrico) e Fe^{+2} (hidróxido ferroso).	Atendimento ao padrão de potabilidade. O lato teor de ferro na água pode estar ligado à ocorrência de ferrobactérias ou mesmo a corrosão do revestimento ou filtro do poço.	Dissolução de material das tubulações de ferro que conduzem a água subterrânea e dissolução compostos de rochas e solos.
Dureza total	A dureza total é a soma da dureza temporária com a dureza permanente. A dureza temporária é causada pelos íons de cálcio e de magnésio que se combinam com o bicarbonato e o carbonato. A dureza permanente é a dureza que persiste após a fervura da água, onde é produzida pelos íons de cálcio e de magnésio que se combinam com os íons de sulfato, cloreto, nitrato e outros,	Atendimento ao padrão de potabilidade.	Somente natural, dada a natureza geológica dos terrenos que a água atravessa e com os quais tem contato.
Salinidade	A salinidade pode ser definida como o peso em gramas dos sais dissolvidos em 1 quilograma de água.	Caracterização dos corpos d'águas.	Arrasto de fertilizantes para o corpo' d'água.
Cloretos	Os cloretos são compostos iônicos que contêm o ânion Cl^{-1} .	Indicadores da contaminação por esgotos sanitários, podendo-se associar a elevação do nível de cloreto em um rio com o lançamento de esgotos sanitários.	De natureza antrópica, altas concentrações podem advir de influxos de esgotos domésticos, industriais ou de drenos de irrigação.

Coliformes Totais	Bactérias do grupo coliforme são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5^\circ \text{C}$ em 24-48 horas.	A sua presença não pode ser indicativo de contaminação fecal em águas superficiais.	Coliformes “ambientais”, dada incidência em águas e solos não contaminados, representando outros organismos de vida livre e não intestinal
Coliformes Fecais (<i>Escherichia Coli</i>)	Conhecidas como “termotolerantes”, trata-se de em sub-grupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2^\circ \text{C}$ em 24 horas, tendo como principal representante a <i>Escherichia Coli</i> , de origem exclusivamente fecal.	Indicadores da contaminação de origem exclusivamente fecal.	De natureza antrópica oriundos de esgotos domésticos e fezes de animais de sangue quente.

Fonte: SPERLING (2014); FUNASA (2014); LIBÂNIO (2010); MARKOS (2008); SANTOS (2000). Adaptado por Eliezer (2016).

Nesse sentido, a análise qualitativa da água do rio Gramació, terá como base os resultados dos parâmetros analisados conforme estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005, a fim de compreender:

- O comportamento de cada parâmetro no ponto de coleta durante a campanha de amostragem; e
- O comportamento do parâmetro nos pontos de coleta, considerando a mesma data em que foi coletada a amostra.

Com relação à qualidade da água dos poços, a análise dos resultados foi efetuada considerando os parâmetros estabelecidos na Portaria nº 2.914/2011, onde procurou verificar:

- O comportamento de cada parâmetro no ponto de coleta durante a campanha de amostragem; e
- A distribuição espacial do parâmetro e seu comportamento nos pontos de amostragem, levando em consideração a mesma data em que foi realizada a coleta.

3.1.4 Pontos de amostragem de coleta de água

Os pontos de amostragem de água do rio Gramació, foram previamente definidos através das ortofotocartas na escala 1:25.000, via *software* ArcGIS 10.2, considerando os usos identificados ao longo do corpo hídrico e confirmados através de visitas em campo. Após a verificação dos pontos de amostragem, as coordenadas geográficas foram coletadas via GPS de navegação e lançadas, posteriormente sobre as ortofotocartas para compor o mapa de localização da campanha de amostragem.

Assim, primeiramente foram codificados e georreferenciados os pontos de amostragem adotando o seguinte critério: a origem da amostra e o ponto de amostragem, sendo por letras e números, por exemplo, R-0X, cuja letra “R” refere-se às amostras do rio e 0X corresponde ao número do ponto da coleta.

Com isso, o ponto R-01, inicia-se a montante da sede municipal de Vila flor, seguindo até o ponto R-06, a jusante da sede, entendendo que o número de 6 pontos de amostragem distribuídos ao longo rio Gramació contemple as formas de uso e cobertura da terra existentes na sub-bacia e analisar o comportamento da qualidade da água superficial rio.

Desta forma, os 06 pontos de coleta das amostras de água do rio Gramació foram identificados conforme a tabela 10, apresentando a codificação e a localização geográfica dos pontos de amostragem de água superficial.

Tabela 10 – Codificação e localização dos pontos de amostragem de água ao longo do rio Gramació.

CODIFICAÇÃO	COORDENADAS - X	COORDENADAS - Y
R-01	268652	9300137
R-02	269478	9300909
R-03	269865	9301507
R-04	269870	9301551
R-05	270579	9303060
R-06	272907	9303518

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Já a quantidade dos poços particulares equivalem a 8 pontos, distribuídos dentro e fora da área urbana da sub-bacia do rio Gramació, especificamente na sede do município de Vila Flor/RN, local de concentração de moradias. O método de identificação dos pontos é o mesmo adotado para as amostras de água do rio, porém a letra utilizada na codificação foi a “P” (Tabela 11).

Tabela 11 - Codificação e localização dos pontos de amostragem de água dos poços particulares.

CODIFICAÇÃO	COORDENADAS - X	COORDENADAS - Y
P-01	270481	9301220
P-02	270188	9301887
P-03	270460	9302940
P-04	270081	9301100
P-05	270145	9301042
P-06	269074	9299551
P-07	269185	9299684
P-08	270358	9301329

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

As coordenadas foram adquiridas através do GPS de navegação, marca Garmin modelo 60C, no sistema de coordenadas UTM, Zona 25 Sul e DATUM SIRGAS 2000.

Com relação ao número de poços particulares monitorados nesse estudo, o mesmo se deu em razão da limitação de poços existentes na área da sub-bacia, porém a área urbana concentra residências que fazem uso de fossas como destino final dos esgotos domésticos e que podem vir a comprometer a qualidade da água subterrânea. Assim, após a confirmação da operação dos poços, estes foram georreferenciados e espacializados sobre as ortofotocartas na escala 1:25.000, a fim de identificar a distribuição dos poços na sub-bacia, como também, otimizar o processo de coleta e envio das amostras até os laboratórios.

Desta forma, a campanha de amostragem da pesquisa equivaleu a 6 pontos de coleta de água ao longo do rio Gramació e 8 pontos de coleta em poços particulares localizados na área urbana da sub-bacia (Figura 8), que compreende a sede do município de Vila Flor/RN, tendo como período de amostragem 12 (doze) meses, tendo início no mês de agosto de 2016, onde a cada mês foram coletadas e enviadas 14 amostras de água para os laboratórios, totalizando 72 amostras de água do rio Gramació e 96 amostras de água dos poços particulares.

A finalidade das coletas de amostra água superficial e subterrânea é identificar possíveis alterações na sua qualidade em cada ponto de coleta, como também, o comportamento dos parâmetros ao longo do tempo da campanha. Pois, as possíveis alterações na qualidade podem estar relacionadas com os usos e forma de ocupação, como também, com os aspectos naturais.

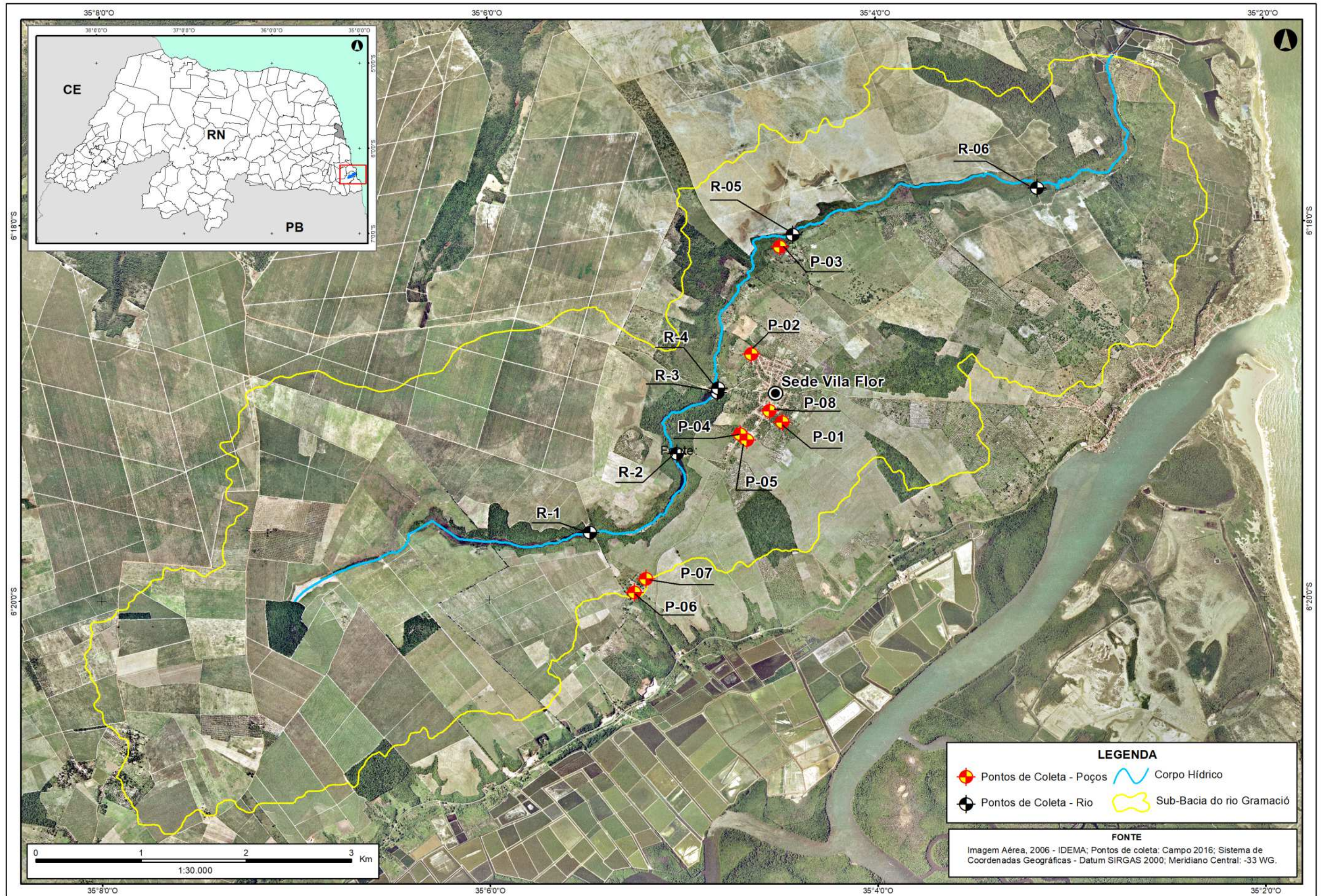


Figura 8 - Mapa da localização dos pontos de coleta no rio Gramació e poços particulares. Elaborado pelo autor, 2016.

As coletas para a realização de análises físico-químicas foram realizadas em frascos de polietileno, limpos e secos devidamente vedados e identificados, disponibilizados pelo Núcleo de Análises de Águas, Alimentos e Efluentes (NAAE), vinculado a Fundação de Apoio a Educação e ao Desenvolvimento Tecnológico do RN (FUNCERN), localizado no Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) e pelo laboratório de análises da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), localizado na Estação de Tratamento de Água do Jiqui.

Com relação à coleta para análises bacteriológicas, a amostragem foi feita utilizando-se frascos de plástico autolavável esterilizados, não tóxico e tampa a prova de vazamento. De acordo com a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) (2014), o período entre a coleta da amostra e o início das análises bacteriológicas não devem ultrapassar 24 horas e a sua conservação é feita em refrigeração a uma temperatura de 4 a 10° C. Assim, para atender as recomendações de armazenamento e transporte das amostras, a figura 9 mostra o material de coleta e as caixas térmicas para promover o resfriamento das amostras até os laboratórios.



Figura 9 - Material utilizado para a coleta, transporte e armazenamento das amostras de água do rio Gramació e poços particulares. Fonte: Acervo do autor, 2016.

Para a coleta manual em águas superficiais procurou-se selecionar pontos que sejam representativos do corpo d'água, evitando-se a coleta de amostras muito próximo às margens. Assim, é retirada a tampa do frasco com o papel protetor e mergulhando-o

rapidamente com a boca para baixo, de forma a atingir uma profundidade de 15 a 30 cm direcionando o frasco em sentido contrário à corrente ou fluxo da água, onde o frasco é fechado imediatamente e colocado em caixa térmica com gelo para o envio até os laboratórios, conforme a figura 10.



Figura 10 - Momento da coleta de amostra de água no ponto R-05. Fonte: Acervo do autor, 2016.

As amostras de água oriundas dos poços são coletadas após o reservatório (caixa d'água) pelo motivo de não existir ponto de coleta instalado junto aos poços, com exceção dos pontos P-07 e P-08, onde as alíquotas de água são coletadas diretamente na saída dos poços. Assim, além da análise dos parâmetros físico-químicos o parâmetro microbiológico Coliformes Totais e Fecais (*Escherichia Coli*) para Presença/Ausência demonstra o grau de higienização dos reservatórios, pois estes locais são de fácil contaminação decorrente do mau fechamento dos reservatórios.

Nesse sentido, considerando o poço particular como manancial subterrâneo e os moradores da residência, como os usuários dessa água, a frequência de amostragem das alíquotas de água dos poços, segue as orientações da Portaria MS 2.914/2011, onde estabelece o número de 1 amostra para cada 500 habitantes com frequência mensal para o controle da qualidade da água de solução alternativa coletiva, para fins de análises de cor, turbidez, pH e Coliformes Totais, em função do tipo de manancial e do ponto de amostragem.

Assim, para o procedimento de coleta nos poços, primeiramente é aberto a torneira para que haja um fluxo de água por aproximadamente 5 minutos e após o fechamento e feito a desinfecção da saída da torneira com álcool. É aberta novamente a torneira para proceder a coleta da amostra, segurando o frasco verticalmente próximo da base e efetuando o seu enchimento, conforme a figura 11.

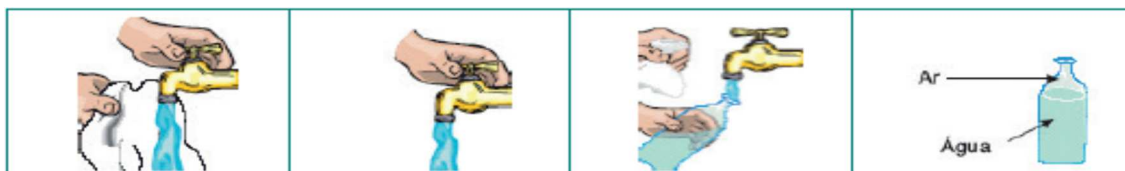


Figura 11 - Procedimento de coleta de água em poços particulares. Fonte: FUNASA, 2014.

Após as coletas, as amostras sob refrigeração são encaminhadas para os laboratórios, onde os parâmetros e seus limites são analisados de acordo com a metodologia de análises da *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA) (2012), como também, o material armazenado de acordo com as condições e tempo exigidos pela NBR 9.898 (ABNT, 1987).

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área da sub-bacia do rio Gramació está localizada na microregião do litoral sul potiguar entre os paralelos 06° 16' 55" e 06° 21' 18" de latitude Sul e entre os meridianos de 35° 02' 19" e 35° 08' 22" de longitude Oeste de Greenwich, abrangendo uma área de 34,32 km², sendo 62,5% da área total compreende o município de Vila Flor e 37,5% o município de Canguaretama.

Nesse sentido, o sub-capítulo características naturais da área de estudo teve como base os mapeamentos geológicos, pedológicos, geomorfológicos e climatológicos elaborados por Oliveira (2011) em 11 municípios do litoral sul do Estado do Rio Grande do Norte.

4.1 CARACTERÍSTICAS NATURAIS

Entender as características naturais da sub-bacia do rio Gramació é de suma importância na compreensão do processo de uso e cobertura da terra e, conseqüentemente, as implicações sobre os recursos naturais da área de estudo.

Com base no mapeamento elaborado por Oliveira (2011), o quadro 3 sintetiza as unidades de interpretação dos sistemas naturais e dos usos na área da sub-bacia. No quadro é possível observar às características de cada unidade, partindo da formação geológica, associada aos tipos de solos, decorrentes do material de origem, onde as formas de relevo entendido como resultado das forças antagônicas, sintetizadas pelas atividades tectônicas, estruturais e morfoclimáticos ao longo do tempo geológico (Cassetti, 2005), juntamente com os aspectos pedológicos, fornece subsídios para compreender as formas de uso e cobertura da terra no processo de ocupação da área rural e urbana e as implicações sobre os recursos naturais da área da sub-bacia.

Quadro 3 - Síntese das unidades dos sistemas naturais e usos na área de estudo.

Formação Geológica	Origem	Formas de Relevo	Uso Atual	Características Vegetacionais	Solos Classificação EMBRAPA (2013)	Nomenclatura no mapa
Plesitoceno-Holoceno: Associação de depósitos litorâneos de praia e dunas móveis e depósitos eólicos litorâneos de paleodunas.	Deposicional	Em grande maioria da área apresenta classes de relevo que variam de plano a suave ondulado (0-8%). São dunas mais arrasadas.	Assentamentos urbanos, culturas temporárias, especialmente, a cana-de-açúcar, pasto e culturas permanentes.	Área de tensão ecológica. Remanescentes de Mata Atlântica.	Neossolos Quartzarênicos	AQ
Holoceno: Associação de depósitos litorâneos de praia e dunas móveis e depósitos eólicos litorâneos de paleodunas.	Deposicional	Variação das classes de relevo plano a forte-ondulado (0°-45%), mas com predominância de encostas fortemente onduladas. São mais movimentadas que AQ.	Assentamentos urbanos.	Vegetação fixadora de dunas e restingas.	Neossolos Quartzarênicos Marinho	AQm
Neógena e Quaternária: Formação Barreiras e depósitos colúvioeluviais.	Erosional	Predominância de relevos planos (0- 3%).	Predominância da cultura de cana-de-açúcar e pasto.	Área de tensão ecológica. Remanescentes de Mata Atlântica.	Latossolo Amarelo	LA
Neógena: Formação Barreiras aflorante. Zonas falhas com surgimento de <i>grabens</i> e <i>horsts</i> .	Erosional	Vertentes dissecadas associadas às margens dos rios variando de ondulado a forte-ondulado. (8% - 45%).	Áreas de empréstimo de sedimentos, agricultura de subsistência, adensamentos urbanos e remanescentes florestais.	Remanescentes de Mata Atlântica.	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	PVAd
Holocênica: Associação de depósitos de mangue com depósitos aluvionares.	Deposicional	Área plana. (0-3%).	Agricultura de subsistência e cana-de-açúcar.	Vegetação com influência fluvial refletida pelas cheias dos rios.	Neossolos Flúvicos	A
Holocênica: Associação de depósitos de mangue, flúvio-marinhos e flúvio-lacustrinos.	Deposicional	Área predominantemente plana. (0-3%). Planícies de maré associadas a manguezais.	Carcinicultura, extrativismo com captura de caranguejo e remanescentes de florestas de mangues.	Manguezal arbóreo.	Organossolos	SM

Fonte: Adaptado de Oliveira, (2011)

4.1.1 Aspectos Geológicos

A estrutura geológica da área em estudo caracteriza-se por possuir rochas de origem sedimentar do Cenozóico (Neógeno e Quaternário) das bacias sedimentares Potiguar e Pernambuco-Paraíba e por depósitos terrígenos miocênicos a pliocênicos da Formação (Grupo) Barreiras, onde ocorrem os depósitos marinhos, praias, eólicos e aluviais do Quaternário (BARRETO et al., 2004).

Conforme o mapeamento realizado por Oliveira (2011), na sub-bacia do rio Gramació, predominam as rochas da Formação Barreiras, Depósitos Colúvio-Eluviais, Depósitos Eólicos Litorâneos de Paleodunas, Depósitos Aluvionares e os Depósitos de Mangues conforme a figura 12 das unidades geológicas.

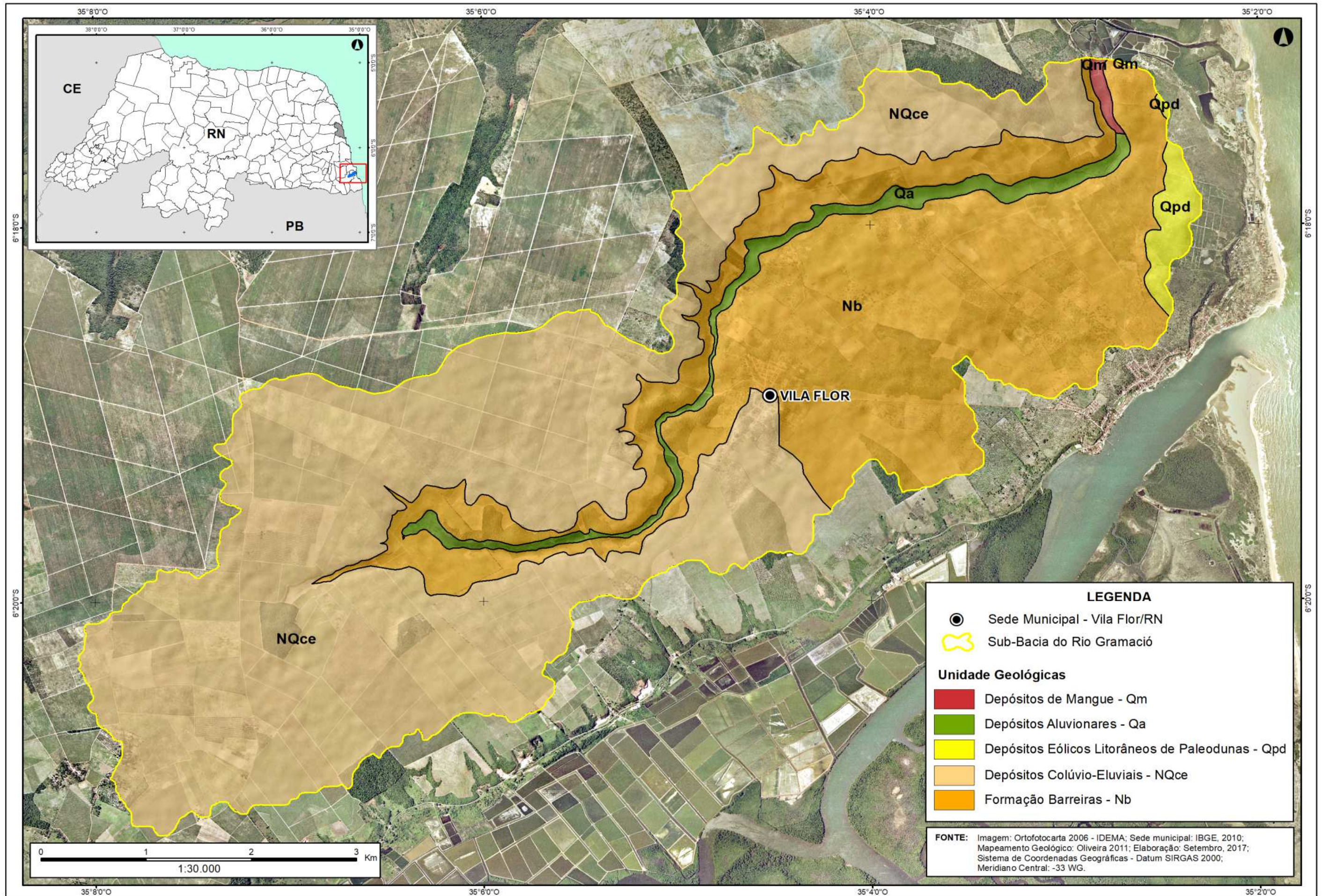


Figura 12 - Mapeamento das unidades geológicas da área da sub-bacia do rio Gramació. Fonte: Adaptado de Oliveira, 2011.

A tabela 12 apresenta a distribuição das unidades geológicas na área de estudo e suas respectivas áreas (ha) e percentuais (%).

Tabela 12 - Distribuição por área (km²) e percentual (%) das unidades geológicas e respectivas nomenclaturas da sub-bacia do rio Gramació.

Unidades Geológicas	Nomenclatura	Área (km ²)	(%)
Depósitos Colúvio-Eluviais	NQce	19,84	57,80
Formação Barreiras	Nb	12,93	37,69
Depósitos Aluvionares	Qa	0,97	2,82
Depósitos Eólicos Litorâneos de Paleodunas	Qpd	0,49	1,43
Depósitos de Manguê	Qm	0,09	0,27
Total		34,32	100

Fonte: Adaptado de Oliveira (2011).

- Depósitos Colúvio-Eluviais

É a unidade de maior abrangência na sub-bacia do rio Gramació, local onde ocorrem as práticas agrícolas temporárias, principalmente o cultivo de cana-de-açúcar (Figura 13). Trata-se de feições topograficamente aplainadas associados a dunas arrasadas ou em platôs de zonas de tabuleiros (Oliveira, 2011).



Figura 13 - Depósito Colúvio-Eluviais na área da sub-bacia do rio Gramació, podendo observar a prática agrícola da cana-de-açúcar e topografia plana. Fonte: Acervo do autor, 2016.

Segundo Angelim e Veiga Júnior (2006), esses depósitos são sedimentos arenosos e areno-argilosos esbranquiçados e avermelhados com areias eólicas retrabalhadas, por processos viscosos do tipo fluxo de detritos, constituindo fácies de leques aluviais de enxurradas.

- Formação Barreiras

O Barreiras apresenta sedimentos areno-argilosos, a fossilíferos, que ocorrem formando tabuleiros ao longo do litoral, apresentando leves inclinações em direção ao mar com pacotes de camadas mais espessos nas faixas costeiras do litoral sul potiguar (Oliveira, 2011).

Alheiros e Lima Filho (1991, apud Oliveira, 2011) reconheceram nessa unidade a presença de fácies de um sistema fluvial entrelaçado e de fácies transicionais para leques aluviais e planícies litorâneas (flúvio lagunares). A fácies fluvial entrelaçada ocorre próxima aos rios e é formada por depósitos contendo cascalho e areias grossas a finas, em geral feldspáticas, com coloração esbranquiçada, creme-amarela a avermelhada (sedimentos mais recentes), conforme observado na figura 14.



Figura 14 - Afloramento do Barreiras na margem do rio Gramació, próximo do ponto de coleta R-03. Fonte: Acervo do autor, 2016.

- Depósitos Aluvionares

Compreendendo o vale do rio Gramació, os depósitos aluvionares ocorrem ao longo de estruturas que foram condicionadas a movimentos tectônicos (Oliveira, 2011),

com presença nos vales de fundo chato dos rios, onde são constituídos por sedimentos arenosos e argilo-arenosos, com níveis irregulares de cascalhos, formando os depósitos de canal, de barras de canal e da planície de inundação dos cursos médios dos rios (ANGELIM e VEIGA JÚNIOR, 2006) (Figura 15).

De acordo com Angelim e Veiga Júnior (2006, p. 52), os “depósitos de canal são os principais jazimentos de areia em volume de reservas para uso na construção civil, enquanto nos depósitos de planície (várzea) encontram-se as argilas vermelhas e subordinadamente as argilas brancas”.



Figura 15 - Depósito Aluvionar na área da sub-bacia do rio Gramació. Fonte: Acervo do autor, 2017.

- Depósitos Eólicos Litorâneos de Paleodunas

Na área em estudo, os depósitos eólicos litorâneos de paleodunas estão localizados em uma pequena região na direção leste da sub-bacia, a jusante do rio Gramació, conforme figura 16.



Figura 16 - Depósito Eólicos Litorâneos de Paleodunas na área da sub-bacia do rio Gramació. Fonte: Acervo do autor, 2017.

De acordo com Angelim e Veiga Júnior (2006, p. 51) os depósitos eólicos litorâneos de paleodunas originam-se:

Por processos eólicos de tração, saltação e suspensão subaérea, representando as fácies de dunas e interdunas de planície costeira. Esses depósitos são constituídos por areias esbranquiçadas, de granulação fina a média, bem selecionadas, maduras, com estruturas de *grain fall* e estratificações cruzadas de baixo ângulo, formando dunas tipo barcana, barcanóide e parabólica.

Barreto et al. (2004) utilizaram três critérios para caracterizar as paleodunas ou dunas inativas, onde são:

- Morfológicos, que incluem a possível modificação dos ângulos de inclinação de barlavento e sotavento, a presença de ravinas e leques de areia, o grau de dissecação e a tendência para redução da altura da duna e obliteração das formas deposicionais originais.

- Sedimentológicos baseiam-se na presença de siltes e argilas pedogenéticas e no grau de seleção da areia, e

- Biológicos envolvem a presença e a densidade da cobertura vegetal.

- Depósitos de Mangue

Na sub-bacia do rio Gramació, os depósitos de mangue se encontram na jusante do rio, trecho de ligação com o rio Catú, local conhecido como “Entre Rios”, conforme figura 17.



Figura 17 - Depósito de Mangue na área da sub-bacia do rio Gramació. Fonte: Acervo do autor, 2017.

Ao longo da faixa litorânea potiguar, os depósitos de mangues são constituídos por lamas arenosas plásticas, não adensadas e bioturbadas, contendo restos de vegetais em decomposição, recobertos por vegetação arbustiva característica. São originados em decorrência dos processos de tração/suspensão subaquosa da ação das marés, representando fácies de inter-maré/sub-maré rasa. (ANGELIM; VEIGA JUNIOR, 2006).

4.1.2 Aspectos Geomorfológicos

Os aspectos geomorfológicos da sub-bacia do rio Gramació apresentados nesse estudo têm como base o mapeamento realizado por Oliveira (2011) na escala 1:25.000, considerando as relações e a integração dos fatores estruturais, litológicos, climáticos, pedológicos e morfodinâmicos, a partir de classificações taxonômicas estabelecidas por IBGE (2009) e Ross (1992).

O IBGE (2009) estabelece cinco ordens de grandeza definidas em função de sua escala, onde são: Domínios Morfoestruturais, Regiões Geomorfológicas, Unidades Geomorfológicas, Modelados e Formas de Relevo Simbolizadas.

Já Ross (1992) define as ordens de grandeza como níveis taxonômicos, distribuídos e classificados em: 1º táxon (Unidade Morfoestrutural), 2º táxon (Unidades

Morfoesculturais), 3º táxon (Padrões de Formas de Relevo), 4º táxon (Tipos de Formas de Relevo), 5º táxon (Tipos de Vertentes) e 6º táxon (Formas de Processos Atuais).

No mapeamento realizado por Oliveira (2011), a escala adotada permitiu o 4º táxon (Tipos de Formas de Relevo) de Ross (1992) e as ordens de grandeza (Modelados e Formas de Relevo Simbolizadas) definidas pelo IBGE (2009).

Assim, o nível de abordagem adotado para a área da sub-bacia do rio Gramació, foram às quatro classes de análise definidas pelo IBGE (2009). Desta forma, as ordens de grandeza compreendem em: 1ª ordem de grandeza refere-se ao Domínio Morfoestrutural com as Bacias e Coberturas de Sedimentos Fanerozóicos da Bacia Potiguar e Depósitos Sedimentares Quaternários. A 2ª ordem de grandeza refere-se às Regiões Geomorfológicas, com os Domínios dos Planaltos Sedimentares, Domínio Litorâneo-Eólico e Domínio Flúvio-Marinho. Na 3ª ordem de grandeza a unidade geomorfológica é representada pelos Tabuleiros Costeiros, Campos de Dunas do Litoral Nordeste e Planícies e na 4ª ordem de grandeza segue a Compartimentação dos Modelados vinculados a dois grupos: relevos de dissecação (prefixo D) e relevos de acumulação (prefixo A), conforme a figura 18.

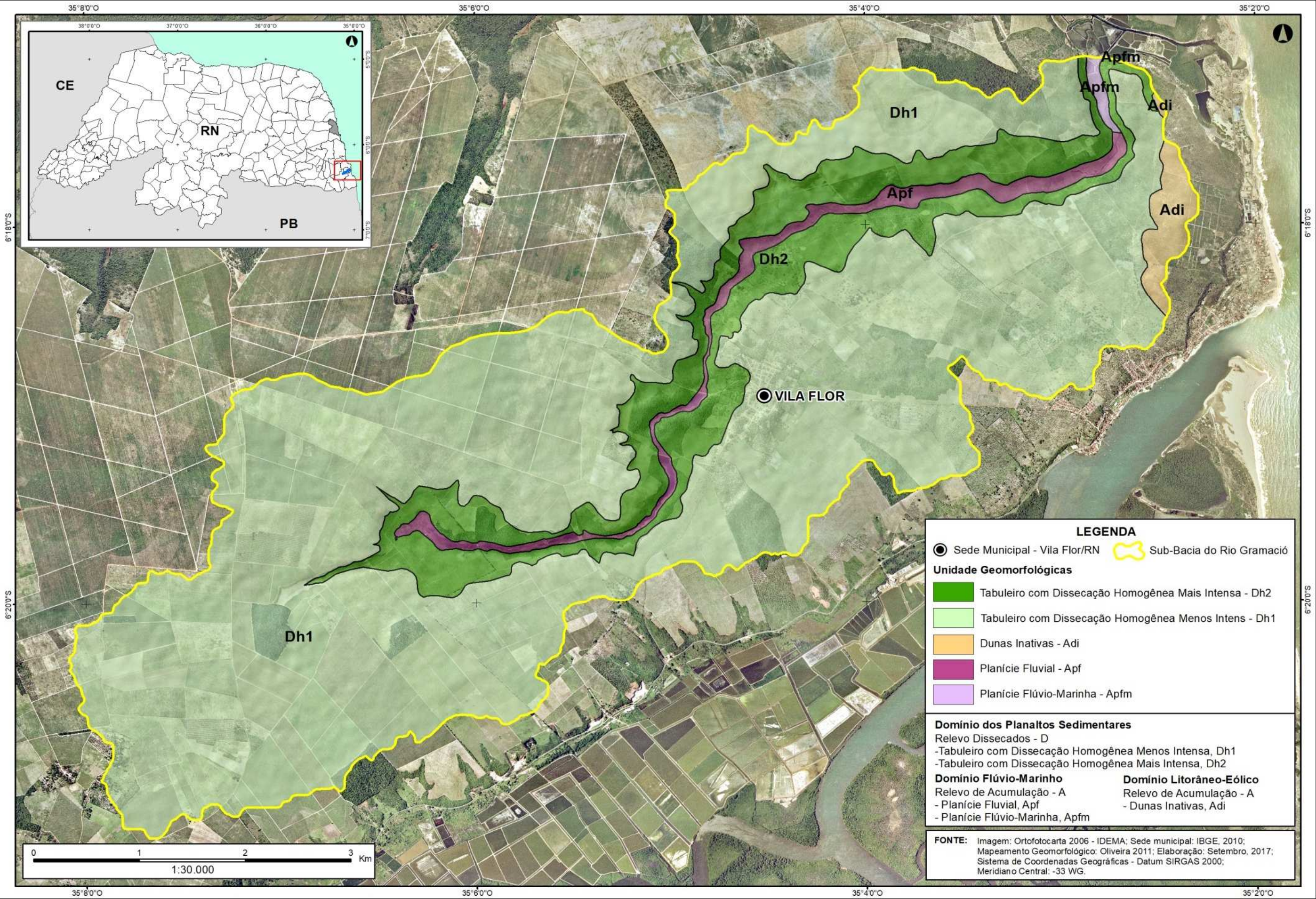


Figura 18 - Mapeamento das unidades geomorfológicas da área da sub-bacia do rio Gramació. Fonte: Adaptado de Oliveira, 2011.

A figura 19 apresenta o esquema da compartimentação geomorfológica da sub-bacia do rio Gramació.

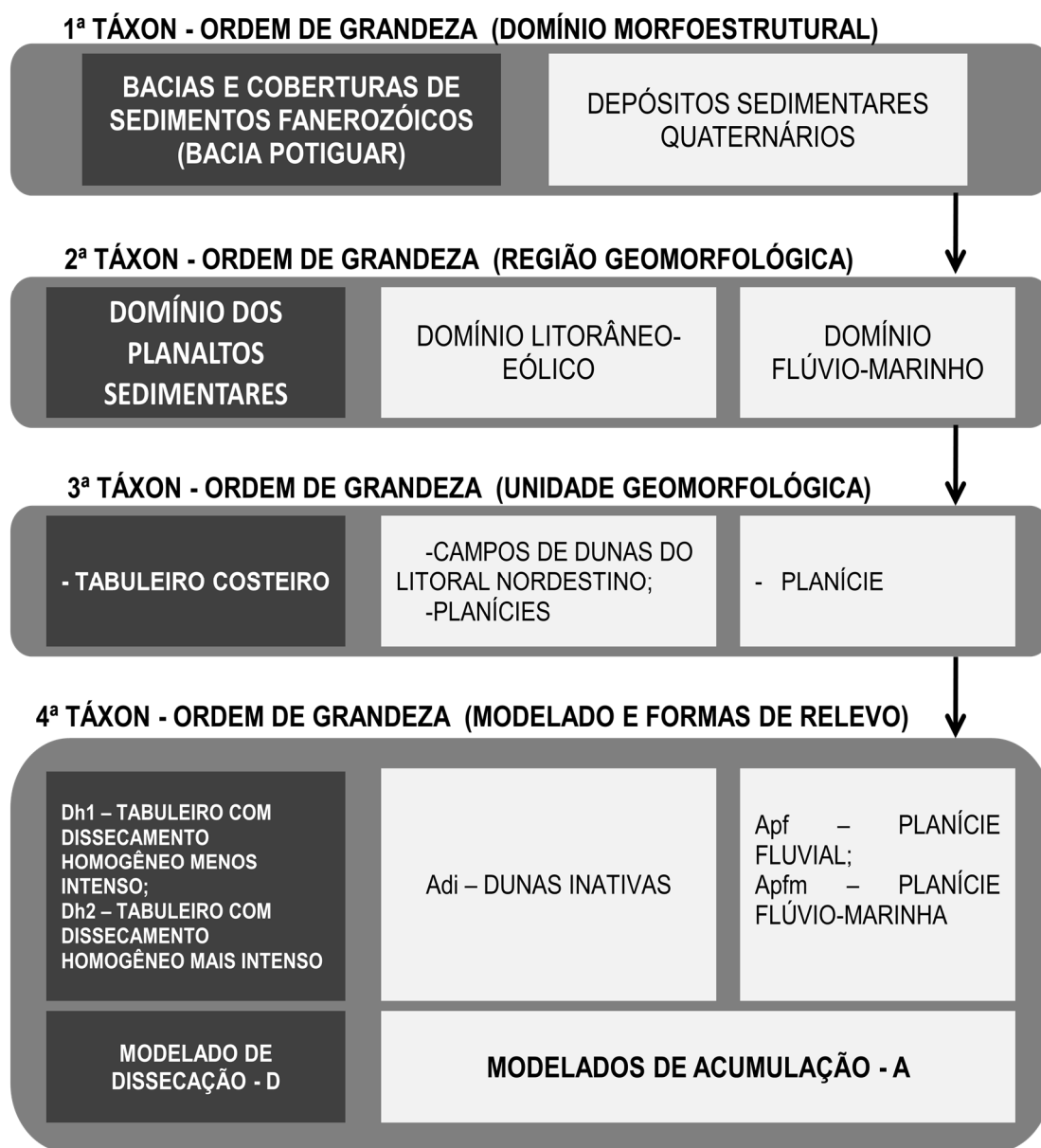


Figura 19 - Esquema das ordens de grandeza geomorfológica da sub-bacia do rio Gramació. Adaptado de Oliveira (2011).

Os modelados e a nomenclatura têm como referência descritiva as formas de Acumulação (A) e Dissecção (D), conforme estabelece o manual técnico de Geomorfologia do IBGE (2009). Na tabela 13 é possível observar a distribuição quantitativa dos modelados.

Tabela 13 - Distribuição por área (km²) e percentual (%) dos modelados na sub-bacia do rio Gramació e respectivas nomenclaturas.

Modelados Geomorfológicos da Área em Estudo	Nomenclatura	Área (km ²)	Área (%)
Tabuleiro com Dissecação Homogênea Menos Intensa	Dh1	27,62	80,47
Tabuleiro com Dissecação Homogênea Mais Intensa	Dh2	5,16	15,03
Planície Fluvial	Apf	0,97	2,82
Planície Flúvio-Marinha	Apfm	0,09	0,27
Dunas Inativas	Adi	0,49	1,42
Total		34,32	100

Fonte: Adaptado de Oliveira (2011).

- Tabuleiro com Dissecação Homogênea Menos Intensa

Esse modelado apresenta forma topográfica de terreno semelhante a planaltos, caracterizada de topografia plana, sedimentar e de baixa altitude terminando na maioria das vezes de forma abrupta (GUERRA; GUERRA, 1997). Em função de sua baixa declividade, sua dissecação do relevo é menos intensa, com ocorrência de escoamentos superficiais do tipo lençol ou *runnof* e acumulação em bacias lacustres aflorantes (Oliveira, 2011).

Em função dessas características, o Tabuleiro com Dissecação Menos Intensa tem maior ocorrência na área da bacia do rio Gramació, sendo a cana-de-açúcar a cultura temporária de maior predominância na área (Figura 20).



Figura 20 - Exemplo do Modelado Tabuleiro com Dissecação Menos Intensa na área de estudo, destacando a topografia plana e plantio de cana-de-açúcar. Fonte: Acervo do autor, 2016.

- Tabuleiro com Dissecação Homogênea Mais Intensa

Esse modelado ocorre próximo aos canais de drenagem com afloramentos de rochas da Formação Barreiras e com dissecação proeminente em função da declividade, cuja dissecação é condicionada tanto por vales fluviais paralelos ou dendríticos, como por tectônica regional (Oliveira, 2011). Na figura 21 é possível observar o modelado com dissecação mais intensa do Tabuleiro no vale do rio Gramació, especificamente no ponto de amostragem R-02.



Figura 21 - Exemplo do Modelado Tabuleiro com Dissecação Mais Intensa na área de estudo, destacando o vale do rio Gramació. Fonte: Acervo do autor, 2016.

- Planície Fluvial

A planície fluvial, planície de inundação ou planície aluvial são superfícies pouco elevada acima do nível médio das águas, sendo frequentemente inundada por ocasião das cheias (GUERRA e GUERRA, 1997). Na figura 22 observa-se o ponto de amostragem R-05 em período de cheia, sendo possível observar a planície fluvial do rio Gramació com vegetação típica de planície de inundação.



Figura 22 - Exemplo do Modelado Planície Fluvial na área da sub-bacia do rio Gramació. Ponto de amostragem R-05 no vale do rio Gramació. Fonte: Acervo do autor, 2016.

- Planície Flúvio-Marinha

O modelado Planície Flúvio-Marinha corresponde a área plana resultante da combinação de processos de acumulação fluvial e marinha, sujeita a inundações periódicas, podendo comportar canais fluviais, manguezais, cordões arenosos e deltas (IBGE, 2009). As planícies ocorrem nas baixadas litorâneas, próximo às embocaduras fluviais, tendo como exemplo, o rio Gramació afluente associado ao rio Catú.

De acordo com Prates; Gatto; Costa (1981) são locais colmatadas por um material argiloso, com o desenvolvimento de vegetação de mangue. Na figura 23, jusante do rio Gramació, local de influência das marés é possível observar vegetação de manguezal e solo indiscriminado de mangue.

Segundo Oliveira (2011, p. 105), essas áreas estão sendo bastante descaracterizadas em função das atividades ligadas à carcinicultura marinha.



Figura 23 - Exemplo do Modelado Planície Flúvio-Marinha na jusante do rio Gramació, com vegetação de mangue e solos do tipo ORGANOSSOLOS HÁPLICOS. Fonte: Acervo do autor, 2017.

- Dunas Inativas

São depósitos eólicos cuja forma varia em função do estoque de sedimentos fornecidos por um sistema fluvial ou costeiro e do regime de ventos, onde as formas mais comuns são: barcanas, parabólicas, transversais, longitudinais e reversas (IBGE, 2009). Na área de estudo é possível identificar a formação a leste da sub-bacia coberta por vegetação (Figura 24), recobrindo os sedimentos originários da Formação Barreiras, onde sua continuidade é interrompida por falésias ou canais hídricos (Oliveira, 2011).



Figura 24 - Exemplo do Modelado Dunas Inativas localizada a leste da área de estudo. Fonte: Acervo do autor, 2017.

4.1.3 Aspectos Pedológicos

Os solos quando estudados a partir da superfície consistem de seções paralelas, organizadas em forma de camadas e ou horizontes que se distinguem do material de origem inicial, resultante de adições, perdas, translocações e transformações de energia e matéria, que ocorrem ao longo do tempo e sob a influência dos fatores climáticos, organismos e relevo (BRASIL, 2014).

Os aspectos pedológicos apresentados nesse estudo teve como base Oliveira (2011), o qual partiu da interpretação de fotografias aéreas, na escala de 1:25.000 e amostras de solos, onde foram estabelecidas preliminarmente, as unidades homogêneas de mapeamento por correlação, considerando padrões ou chaves de interpretação distribuídas hierarquicamente, sendo a execução metodológica do mapeamento baseada conjuntamente nos trabalhos de Coll (1985) e Sampaio (2007), que dividem o trabalho de cartografia de solos em cinco fases sequenciais.

Embora Oliveira (2011) considere que a formação dos solos é uma relação sistêmica de diversos fatores, o mesmo optou em dar ênfase nas características do relevo regional (solo-geomorfologia), uma vez que a área tem um embasamento geológico eminentemente sedimentar (Neógeno e Quaternário) e clima pouco diferenciado, destacando o fator geomorfológico em função da homogeneidade dos demais fatores.

Para Koffler (1993), a morfologia é extremamente importante no levantamento de solos, ao permitir identificar e cartografar os solos de uma região pela aparência de seu perfil, sem a necessidade, nessa fase do trabalho, dos dados de laboratório.

Deste modo, as unidades dos solos presentes na área de estudo estão classificadas conforme o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) da EMBRAPA (BRASIL, 2014), adotando as classes de 2º nível categórico na classificação, onde **são separadas por propriedades ou características diferenciais que:**

- Refletem a atuação de outros processos de formação cujas características foram utilizadas para separar os solos no 1º nível categórico; ou
- Ressaltam as características responsáveis pela ausência de diferenciação de horizontes diagnósticos; ou
- Envolvem propriedades resultantes da gênese do solo, importantes para o desenvolvimento das plantas e/ou para usos não agrícolas e que têm grande número de propriedades acessórias; ou
- Ressaltam propriedades ou características diferenciais que representam variações importantes dentro das classes do 1º nível categórico.

Assim, as classes de solos que constituem a sub-bacia do rio Gramació são: **NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS, NEOSSOLOS FLÚVICOS, LATOSSOLOS AMARELOS, ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS E ORGANOSSOLOS HÁPLICOS**, conforme a figura 25.

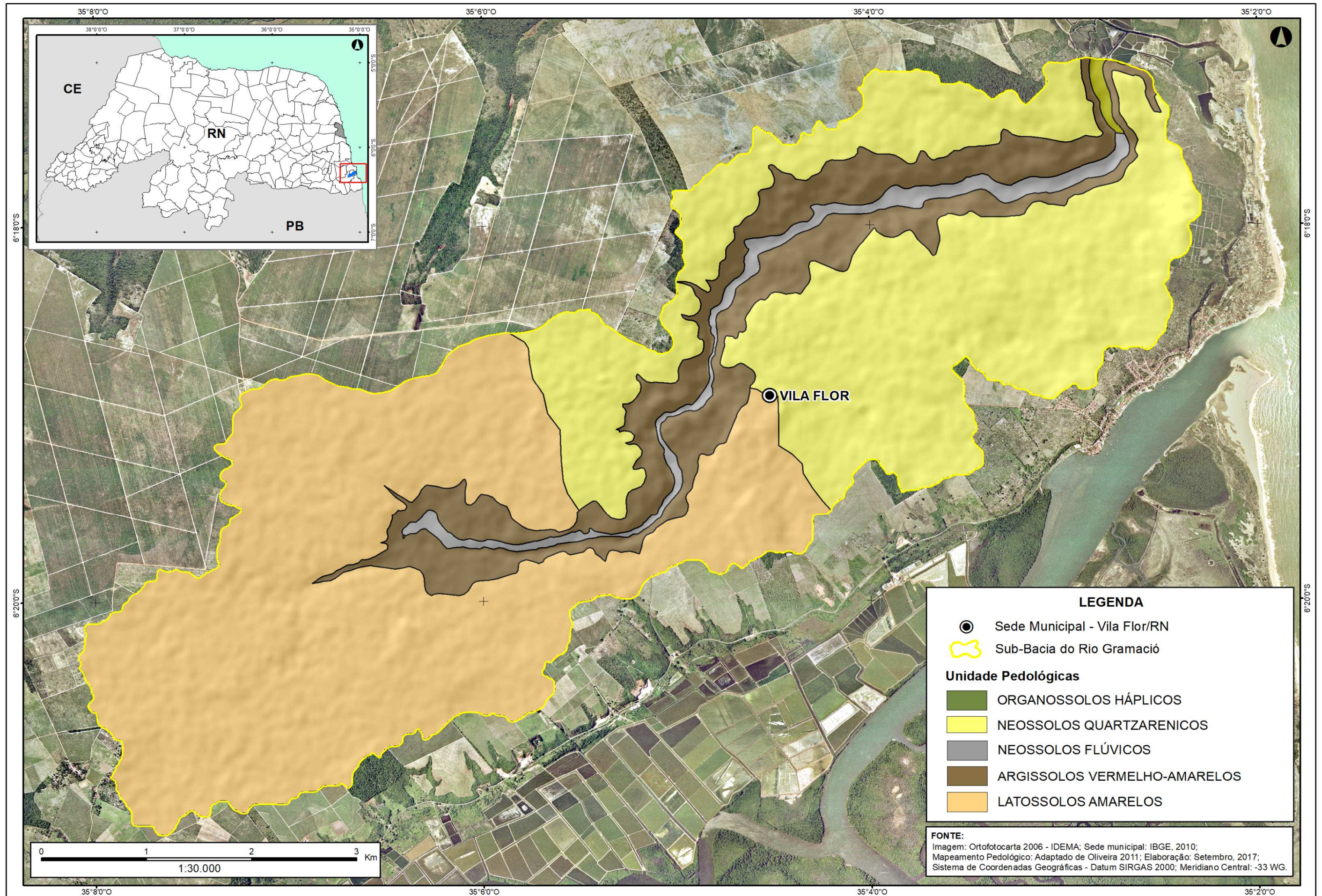


Figura 25 - Mapeamento das unidades pedológicas da área da sub-bacia do rio Gramació. Fonte: Adaptado de Oliveira, 2011.

A tabela 14 apresenta a distribuição das unidades pedológicas na área de estudo e suas respectivas áreas (km²) e percentuais (%).

Tabela 14 - Distribuição por área (km²) e percentual (%) das unidades pedológicas da sub-bacia do rio Gramació.

Unidades Pedológicas	Área (km ²)	(%)
LATOSSOLOS AMARELOS	15,49	45,13
NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS	12,61	36,76
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELOS	5,16	15,03
NEOSSOLOS FLÚVICOS	0,97	2,81
ORGANOSSOLOS HÁPLICOS	0,09	0,27
Total	34,32	100

Fonte: Brasil (2014); IBGE (2007).

- **LATOSSOLOS AMARELOS**

Abrange a extremidade oeste da área da sub-bacia do rio Gramació com relevo predominantemente plano cultivados por cana-de-açúcar (Figura 26). Trata-se de “solos profundos, de coloração amarelada, perfis muito homogêneos, com boa drenagem e baixa fertilidade natural em sua maioria”, ocorrendo nos tabuleiros costeiros litorâneos atribuídos a Formação Barreiras como também dos Depósitos Colúvio-Eluviais (IBGE, 2007, p. 287).



Figura 26 - Área de solo tipo LATOSSOLOS AMARELOS na área da sub-bacia do rio Gramació. Fonte: Acervo do autor, 2016.

- **NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS**

Comuns na região litorânea dos estados do Nordeste, os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS são derivados de sedimentos do Grupo Barreiras, como também, da ação dos ventos dominantes nas proximidades das áreas costeiras que “em geral aglutinam os sedimentos geológicos dos Depósitos Eólicos Litorâneos de Paleodunas” (Figura 27) (OLIVEIRA, 2011, p. 93). Com fertilidade natural muito baixa, sendo excessivamente drenados, os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS apresentando horizonte A fracamente desenvolvido (SUDENE, 1971), sendo sua disposição na área da sub-bacia compreendendo a parte central no sentido Norte-Sul e extremo Leste da sub-bacia.



Figura 27 - Solo tipo NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS na área da sub-bacia do rio Gramació, podendo observar a prática agrícola da cana-de-açúcar e topografia aplainada. Fonte: Acervo do autor, 2017.

- **ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS**

Nesse tipo de solo a água é retirada com facilidade de forma lenta. Com isso, esta classe de drenagem comumente apresenta textura argilosa ou média (IBGE, 2007), sendo o material de origem relacionado com os sedimentos da Formação Barreiras (OLIVEIRA, 2011). Na área estudada, sua distribuição está associada ao sistema de drenagem do rio Gramació (Figura 28).



Figura 28 - Solo do tipo ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distrófico na área da sub-bacia do rio Gramació. Fonte: Acervo do autor, 2016.

- **NEOSSOLOS FLÚVICOS**

Os NEOSSOLOS FLÚVICOS são solos derivados de sedimentos aluviais com caráter flúvico dentro de 150 cm de profundidade a partir da superfície do solo (BRASIL, 2014).

Trata-se de solos pouco desenvolvidos, provenientes de deposições fluviais de fertilidade natural alta, medianamente profunda, imperfeitamente a moderadamente drenados, moderadamente ácidos a alcalinos nas camadas inferiores e sem problemas de erosão (SUDENE (1971).

Apresenta argila de atividade alta, saturação com alumínio praticamente inexistente e alta saturação de bases. O material é constituído por sedimentos recentes, aluviais não consolidados, de natureza variada, formando camadas estratificadas (argilo-arenosas, areno-argilosas, argilo-siltosas ou arenosas) sobrepostas sem disposição preferencial dos estratos. Geralmente estão localizados em vales de fundo chato apresentando grandes planícies de inundação (SUDENE (1971).

Na área de estudo esses solos são localizados nas planícies de inundação da sub-bacia do rio Gramació com campos de pastagens, com predomínio de grama-de-burro (Figura 29).



Figura 29 - Solo do tipo NEOSSOLOS FLÚVICOS na área da sub-bacia do rio Gramació. Fonte: Acervo do autor, 2016.

- **ORGANOSSOLOS HÁPLICOS**

Constituem solos pouco evoluídos com material orgânico oriundo de acumulação de restos vegetais em grau variado de decomposição, em ambientes alagados mal a muito maldrenados (IBGE, 2014). Ocorrem nas desembocaduras de rios e partes baixas da orla marítima, sob influência das marés, onde a diminuição da corrente de água favorece a deposição de sedimentos finos de natureza argilo-siltosa, argilosa e arenosa em mistura com detritos orgânicos, ocorrendo também material mineral de natureza arenosa (SUDENE, 1971).

Na área de estudo sua ocorrência está à jusante do rio Gramació no encontro com o rio Catú, onde sofre influência das marés com precipitação de sedimentos e matéria orgânica, que são trazidos pelos sistemas fluviais e marítimos (Figura 30).



Figura 30 - Jusante do rio Gramació, com vegetação de mangue ao fundo e solos do tipo ORGANOSSOLOS HÁPLICOS. Área sob influência das marés, localizado próximo a desembocadura do rio Catú. Fonte: Acervo do autor, 2017.

4.1.4 Aspectos Vegetativos

As características do recobrimento vegetal segundo Fernandes e Bezerra (1990) e Fernandes (1998), são oriundas da capacidade e potencialidade dos componentes vegetais de se inter-relacionarem com o meio ecológico onde está situado, o que por sua vez demanda adaptação ou ajustamento aos condicionantes ambientais.

A área de estudo possui pouca diversidade em termos de fragmentos vegetacionais na sub-bacia em função dos ambientes naturais existentes, onde predominam: vegetação de mangue, vegetação de várzea e vegetação de tabuleiro, sendo tais áreas representadas na figura 31 referem-se ao cultivo de cana-de-açúcar.

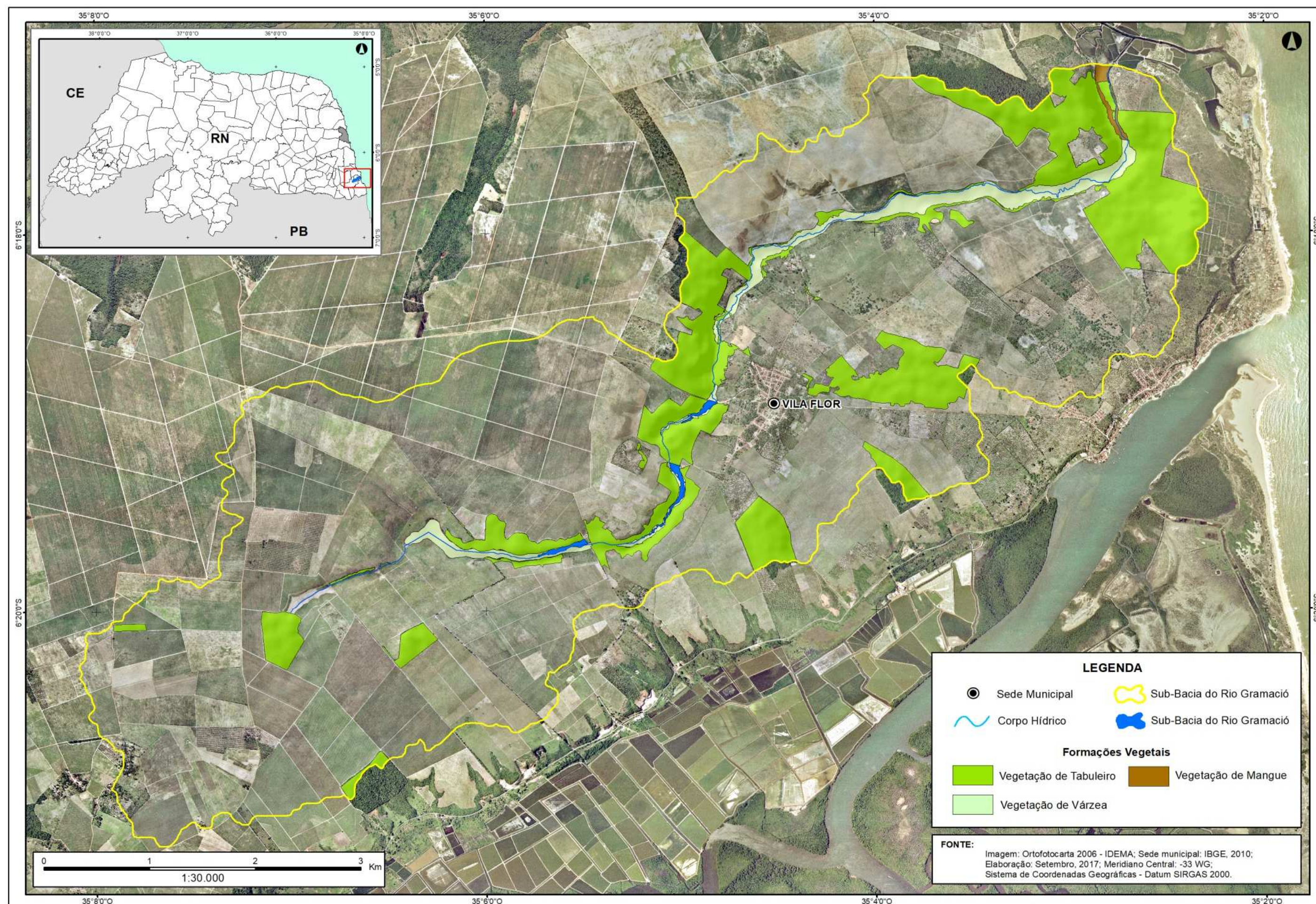


Figura 31 - Mapeamento das formações vegetais da área da sub-bacia do rio Gramació. Elaborado pelo autor, 2016.

A vegetação de mangue é encontrada nas áreas de influência flúviomarinha no baixo curso do rio Gramació, área ocupada pelo ecossistema manguezal, de vegetação altamente adaptada as variações das marés e o fluxo de água doce (Figura 32), onde se caracteriza por áreas de formações pioneiras, relacionando-se diretamente com as formas de acumulação do litoral (RADAMBRASIL, 1981). Tem aspecto peculiar e muito uniforme, dominada por uma ou poucas espécies, normalmente apresentando raízes suportes (SUDENE, 1971). Pereira e Silva (2007) destacam que o mangue funciona como uma eficiente proteção das margens das desembocaduras dos rios, diminuindo a erosão, retraindo o avanço das dunas e protegendo inúmeras espécies, pois é considerado o berçário da natureza.



Figura 32 - Vegetação de mangue ao fundo associado aos solos do tipo ORGANOSSOLOS HÁPLICOS. Fonte: Acervo do autor, 2017.

A vegetação de várzea, também denominada de mata ciliar ou vegetação ripária, se destaca no importante papel dessa formação na estabilização das margens dos rios, lagoas e nascentes, pois combatem os processos erosivos e o assoreamento (LIMA, 2010). Conforme RADAMBRASIL (1981) trata-se de Floresta Ombrófila Densa Aluvial de formação ribeirinha que ocorre ao longo dos cursos de água, ocupando os terraços antigos das planícies quaternárias. Na área de estudo, a vegetação de várzea ocorre ao longo do curso do rio Gramació, porém em alguns locais se observa degradada ou substituída pelo plantio de cana-de-açúcar (Figura 33).



Figura 33 - Vegetação de várzea associado aos solos do tipo NEOSSOLOS FLÚVICOS. Fonte: Acervo do autor, 2016.

Já a vegetação de tabuleiro, Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, é uma formação que em geral ocupa as planícies costeiras, capeadas por tabuleiros pliopleistocênicos da Formação Barreiras (RADAMBRASIL, 1981), se estende por todo o tabuleiro com dissecação homogênea mais intensa e menos intensa na sub-bacia, com o predomínio de espécies arbóreas acompanhadas de um estrato arbustivo e outro herbáceo. Pereira e Silva (2007) destacam que as variações na composição da vegetação são influenciadas pelas modificações das condições dos solos dos tabuleiros, o que por sua vez condiciona áreas com condições favoráveis ao uso agrícola e relativamente planas.

A vegetação de tabuleiro encontrada na bacia apresenta espécies de porte elevado mescladas com outras de porte médio a pequeno, sendo estas últimas as mais representativas. A vegetação de tabuleiro na área de estudo se apresenta degradada, com “ilhas” de remanescente em função das práticas de agricultura intensiva (Figura 34).



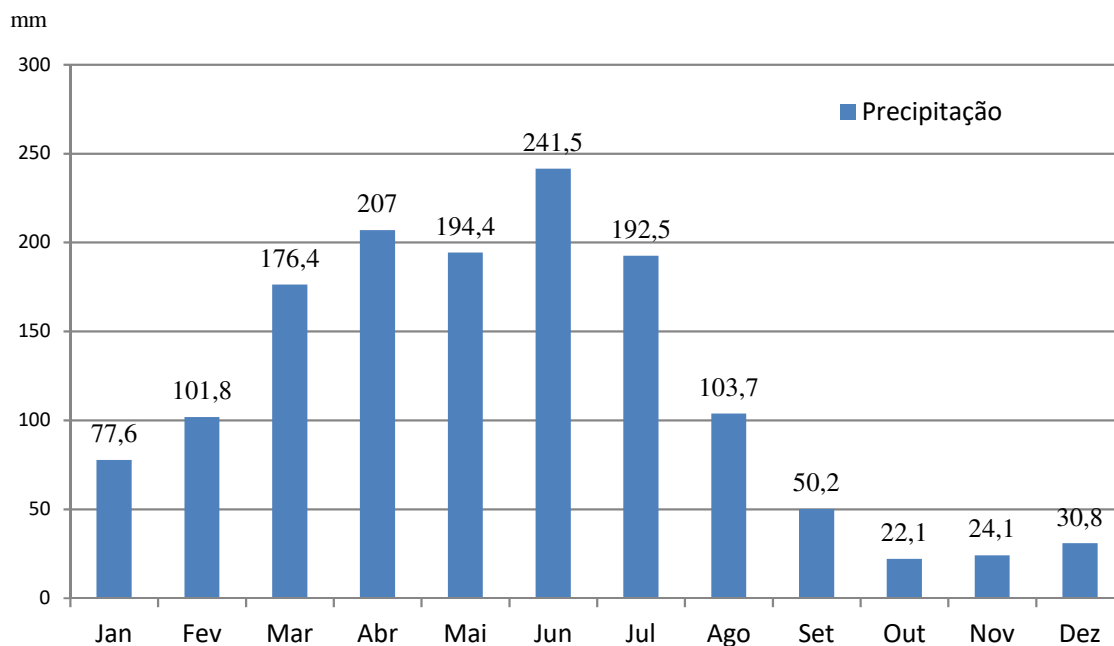
Figura 34 - Vegetação de tabuleiro associado aos solos do tipo LATOSSOLOS AMARELO. Fonte: Acervo do autor, 2016.

4.1.5 Aspectos Climáticos

Segundo Oliveira (2003), a área em que a sub-bacia do rio Gramació tem uma distribuição não homogênea quanto à precipitação, com ocorrências de estações secas e chuvosas com características climáticas ligadas à sua posição geográfica de baixas latitudes, com fortes influências de massas tropicais, ocasionando sazonalidade na precipitação influenciada pelo sistema de circulação atmosférica e correntes perturbadoras do Distúrbio Ondulatório de Leste (DOL) (AMORIM, 2016).

Nesse sentido, conforme a classificação de Köppen, o clima na área de estudo é do tipo As', que equivale ao clima tropical chuvoso quente com verão seco. De acordo com os dados de precipitação da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN) tratados por Oliveira (2011), a precipitação total anual média no município de Canguaretama, considerando o período de 1963 a 2009, foi de 1422,1mm.

No gráfico 1, os meses de março a julho refletem o período com maiores registros de precipitação, demonstrando a sazonalidade no volume de chuvas na área da sub-bacia. Conforme Oliveira (2011, p. 113), a distribuição da precipitação na área de estudo é “irregular com maiores índices no inverno, com predominância no volume de chuvas no quadrimestre de abril a julho e estação seca nos meses de outubro a dezembro”.

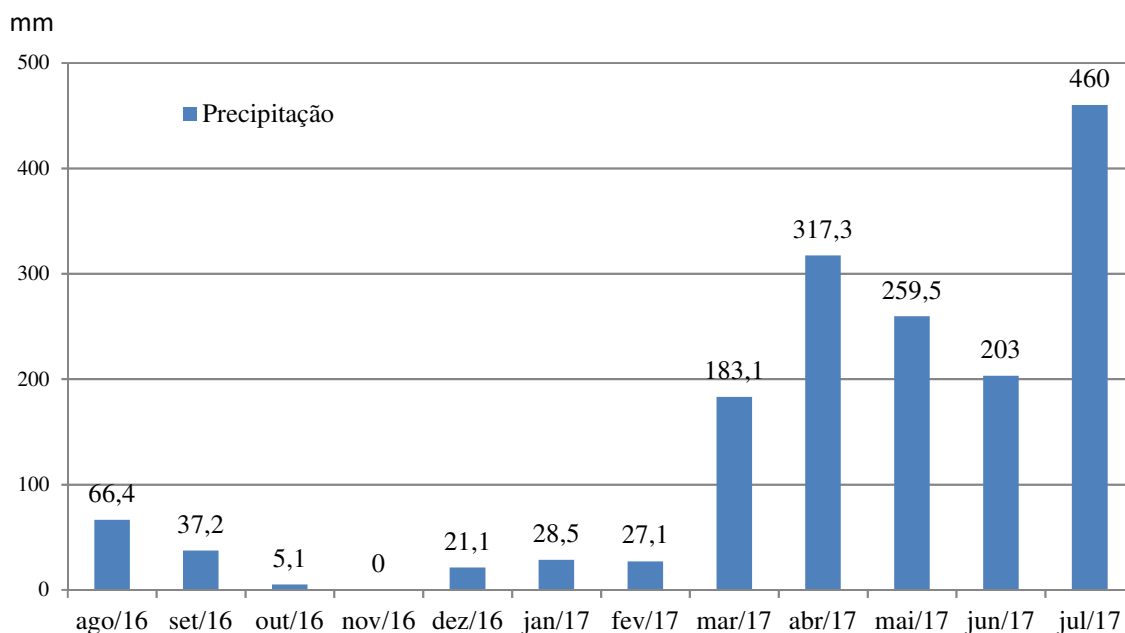


Fonte: Oliveira, 2011.

Gráfico 1 - Valores totais anuais médios de precipitação (mm) do município de Canguaretama (1963-2009).

A fim de obter dados médios pluviométricos, no período do monitoramento realizado na presente pesquisa, foram utilizados dados de precipitação (diárias e mensais) disponíveis na página virtual da EMPARN, referente ao município de Canguaretama, onde foram tabuladas as médias aritméticas no software Excel.

Com isso, os meses de agosto/2016 a julho/2017, obtiveram média de precipitação de 134,03 mm, sendo os meses de março a julho de 2017, o período com maiores registros de precipitação, com máxima de 460 mm no mês de julho de 2017 (Gráfico 2).



Fonte: EMPARN, 2017.

Gráfico 2 - Acumulado mensal de precipitação no município de Canguaretama (Período de agosto/2016 a julho/2017).

Percebe-se no período analisado um período marcado por chuvoso e um seco na região. Essa sazonalidade tem influência na recarga hídrica da sub-bacia do rio Gramació, consequentemente, no volume de água do corpo hídrico. Do ponto de vista da qualidade da água, nos períodos chuvoso os esgotos domésticos escoados para o rio através do sistema de drenagem, acabam sendo diluídos ao longo do curso hídrico, porém no período seco ocorre o inverso. Outra questão relacionada ao período chuvoso é o arraste de material particulado para o rio através das enxurradas alterando a turbidez, como também, levando ao assoreamento em determinados pontos ao longo do corpo hídrico.

4.2 CARACTERÍSTICAS SOCIAIS

A área da sub-bacia do rio Gramació, abrange parcialmente dois municípios: Canguaretama e Vila Flor. Desta forma, a área de estudo apresenta duas características demográficas distintas, uma rural de maior abrangência de ambos os municípios citados e uma urbanizada referente à sede municipal de Vila Flor. Em ambos os municípios, ocorreu um crescimento populacional a partir da década de 60, onde a população de Canguaretama de 14.288 em 1960 subiu para 30.916 no ano de 2010. Já no município

de Vila Flor, no ano de 1970, a população de 1.152 habitantes, subiu para 2.872 habitantes em 2010, segundo IBGE (2010).

O município com maior abrangência na sub-bacia é o de Vila Flor, cuja maior parte da população é urbana com 97%, sendo apenas 3% localizadas na área rural (Tabela 15), razão pelo fato dessas áreas estarem ocupadas pela cultura da cana-de-açúcar.

Tabela 15 - População residente distribuído por situação do domicílio e por sexo no município de Vila Flor.

Município	Situação do domicílio				
	Total	Urbana		Rural	
		Total	%	Total	%
Vila Flor	2.872	2.784	97	88	3

Fonte: Censo IBGE, 2010.

Com base no censo de 2010, a área da sub-bacia abrange 2 setores censitários do município de Canguaretama e 1 setor censitário do município de Vila Flor, ambos na zona rural, porém a única zona urbana existente na área da sub-bacia, refere-se a sede municipal de Vila Flor, compreendendo 3 setores censitário. Porém, com exceção da sede do município, os setores censitários das zonas rurais de ambos os municípios, não serão utilizados nesse estudo, por ultrapassarem os limites da área de estudo.

De acordo com o último censo realizado em 2010 pelo IBGE, o município de Vila Flor tinha 2.872 habitantes, colocando-o na posição 154 dentre os 167 do estado, cuja densidade demográfica é de 60,27 habitantes por km². Com relação ao trabalho e rendimento, em 2014, o salário médio mensal era de 1,6 salários mínimos, sendo a proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 9,9%. A taxa de mortalidade infantil média no município é de 66,67 para 1.000 nascidos vivos, onde as internações equivalem a 0,3 para cada 1.000 habitantes, sendo a diarreia a principal motivação (IBGE, 2017). A ausência de sistema de esgotamento sanitário no município reflete esse valor, demonstrando a necessidade de políticas públicas voltadas para as questões sanitárias da população.

Segundo o Atlas de Saneamento e Saúde (BRASIL, 2011), os municípios que declararam poluição ou contaminação, juntos, o esgoto sanitário, os agrotóxicos e a

destinação inadequada do lixo foram relatados como responsáveis por 72% das incidências de poluição em mananciais superficiais, 54% em poços profundos e 60% em poços rasos. No município de Vila Flor não é diferente, ao andar pelas ruas da sede é possível encontrar tubulações lançando águas cinzas¹ no sistema de drenagem e direcionadas para o rio Gramació, conforme pode ser visto na figura 35.



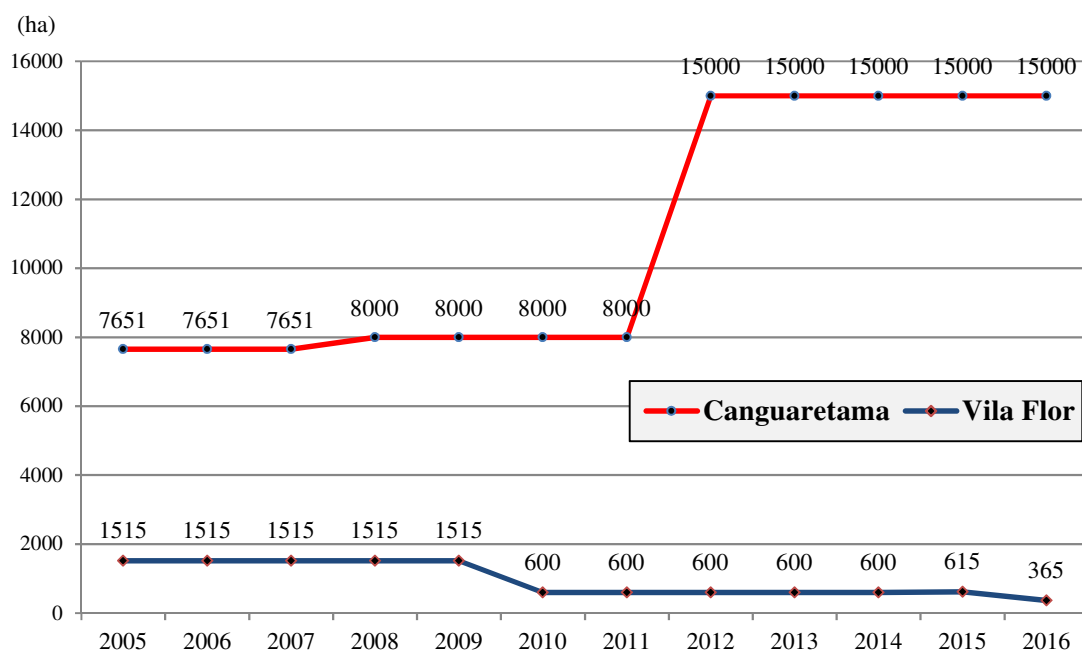
Figura 35 - Ponto de lançamento de águas cinzas no sistema de drenagem direcionando para o rio Gramació. Fonte: Acervo do autor, 2016.

Com relação aos esgotos domésticos os serviços de coleta e tratamento são ausentes no município, dando lugar as fossas rudimentares como destino final, o que acaba sendo preocupante, pois a fonte de abastecimento de água na cidade é feito através de poços tubulares.

Já na zona rural, a atividade agrícola que se destaca como cultura temporária é a produção de cana-de-açúcar. Com relação a essa atividade, segundo dados da nova fronteira da atividade canavieira, nos principais municípios produtores no Rio Grande do Norte, localizados na microrregião do litoral sul, nos anos de 1990, 1995, 2000 e 2005, teve um aumento significativo na produção por hectare (t/ha).

¹As águas cinzas são aquelas provenientes dos lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupa e louça (FIORI; FERNANDES; PIZZO, 2006). Porém, quanto a este conceito, observa-se que ainda não há consenso internacional.

Segundo dados da Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2017), o município de Canguaretama teve um aumento de 96,05% em área plantada de cana-de-açúcar, comparando os anos de 2005 e 2016. A demanda por áreas para plantio acaba sendo um fator primordial para o aumento da produção, conseqüentemente se faz necessário extrair a vegetação natural para dar lugar à cultura. Já no município de Vila Flor, para o mesmo período, houve redução de 75,90% (Gráfico 03) em área plantada. A substituição do plantio de cana-de-açúcar por outras culturas ou por pasto pode justificar a curva descendente do gráfico 3.



Fonte: IBGE, 2017.

Gráfico 3 - Área plantada de cana-de-açúcar (ha) nos municípios de Canguaretama e Vila flor nos de 2005 a 2016.

A crescente produção ao longo dos anos no município de Canguaretama pode causar impacto no meio natural, por exemplo, a supressão da mata ciliar ao longo do corpo hídrico, através do avanço da cultura canavieira até a margem do rio Gramació é observado *in loco* em determinados trechos, como também, através das imagens de satélite, contrariando o que preconiza a legislação ambiental vigente, lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que trata sobre as Áreas de Preservação Permanente (APP), importante instrumento legal na preservação e manutenção das matas ciliares dos corpos hídricos.

Segundo Lima (2008, p. 236), a função das matas ciliares das bacias hidrográficas, “representa uma ação direta numa série de processos importantes para a estabilidade das mesmas, para a manutenção da qualidade e da quantidade de água, assim como para a manutenção do próprio ecossistema aquático”, pois a ausência da proteção mecânica que as raízes da mata ciliar oferecem às margens colabora para a degradação.

Oliveira-Filho et al., (1994), chama a atenção sobre a devastação das matas ciliares, pois tem contribuído para o assoreamento, o aumento da turbidez das águas, o desequilíbrio do regime das cheias, a erosão das margens de grande número de cursos d’água, além do comprometimento da fauna silvestre.

Nesse contexto, conhecer as características naturais da área de estudo nos leva a compreensão dos fatores que podem alterar o meio natural influenciado pelas formas de uso e cobertura da terra e problemas relacionados aos tipos de uso. A morfometria da sub-bacia vem complementar esse entendimento através da análise dos parâmetros morfométricos, conforme será apresentado no capítulo a seguir.

5 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DA SUB-BACIA

A análise das características morfométricas possibilita compreender de forma quantitativa o arranjo espacial do sistema de drenagem, principalmente no que se refere aos estudos de evolução do modelado da superfície da sub-bacia, como também, o quanto a sub-bacia do rio Gramació é susceptível a enchentes.

Assim, no capítulo a seguir são analisados os parâmetros morfométricos da sub-bacia do rio Gramació, que irão caracterizar os aspectos geométricos, servindo de indicadores relacionados à forma, estrutura e a interação da rede de canais fluviais da sub-bacia hidrográfica, levando ao entendimento dos processos de arraste de material ao corpo hídrico que podem alterar sua qualidade.

5.1 ANÁLISE DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS

A análise morfométrica da sub-bacia foi efetuada a partir das características geométricas, de relevo e rede de drenagem analisando 12 parâmetros morfométricos, a tabela 16 sintetiza os resultados obtidos após a análise dos parâmetros.

Tabela 16 – Síntese dos resultados das características morfométricas, parâmetros e interpretação tipos de análises.

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS	PARÂMETROS	RESULTADOS
Características geométricas	Área total (A)	34,32 km ²
	Perímetro total (P)	36,99 km
	Coefficiente de compacidade (Kc)	1,77 (Baixa)*
	Fator de forma (F)	0,23 - Alongada (Baixa)*
	Índice de circularidade (Ic)	0,32 (Baixa)*
Características do relevo	Geometrias das vertentes	-
	Declividade e relevo	-
Características da rede de drenagem	Índice de sinuosidade (Is)	27,46% (Retilíneo)
	Padrão de drenagem	Retangular
	Densidade de drenagem (Dd)	0,81 km/km ² (Baixa)
	Comprimento dos canais e rio principal	28 km
	Ordem dos cursos d'água	2º Ordem

Fonte: Adaptado de Tonello (2006) e Coutinho (2013).

* Tendência a enchentes

Com área total (A) e o perímetro total (P) de 34,43 km² e 36,99 km, respectivamente, a sub-bacia do rio Gramació, tem baixa tendência a enchentes, conforme os resultados dos parâmetros: coeficiente de compacidade (Kc), fator de forma (F) e índice de circularidade (Ic).

Seguindo com as características morfométricas, os parâmetros geometria das vertentes e declividade da área da sub-bacia do rio Gramació foram obtidos e espacializados, a partir das imagens SRTM.

Nesse sentido, as curvaturas horizontais e verticais das geometrias das vertentes na área da sub-bacia rio Gramació foram representadas conforme o modelo e as cores de Valeriano (2008), onde foram espacializadas sobre a área da sub-bacia, conforme a figura 36.

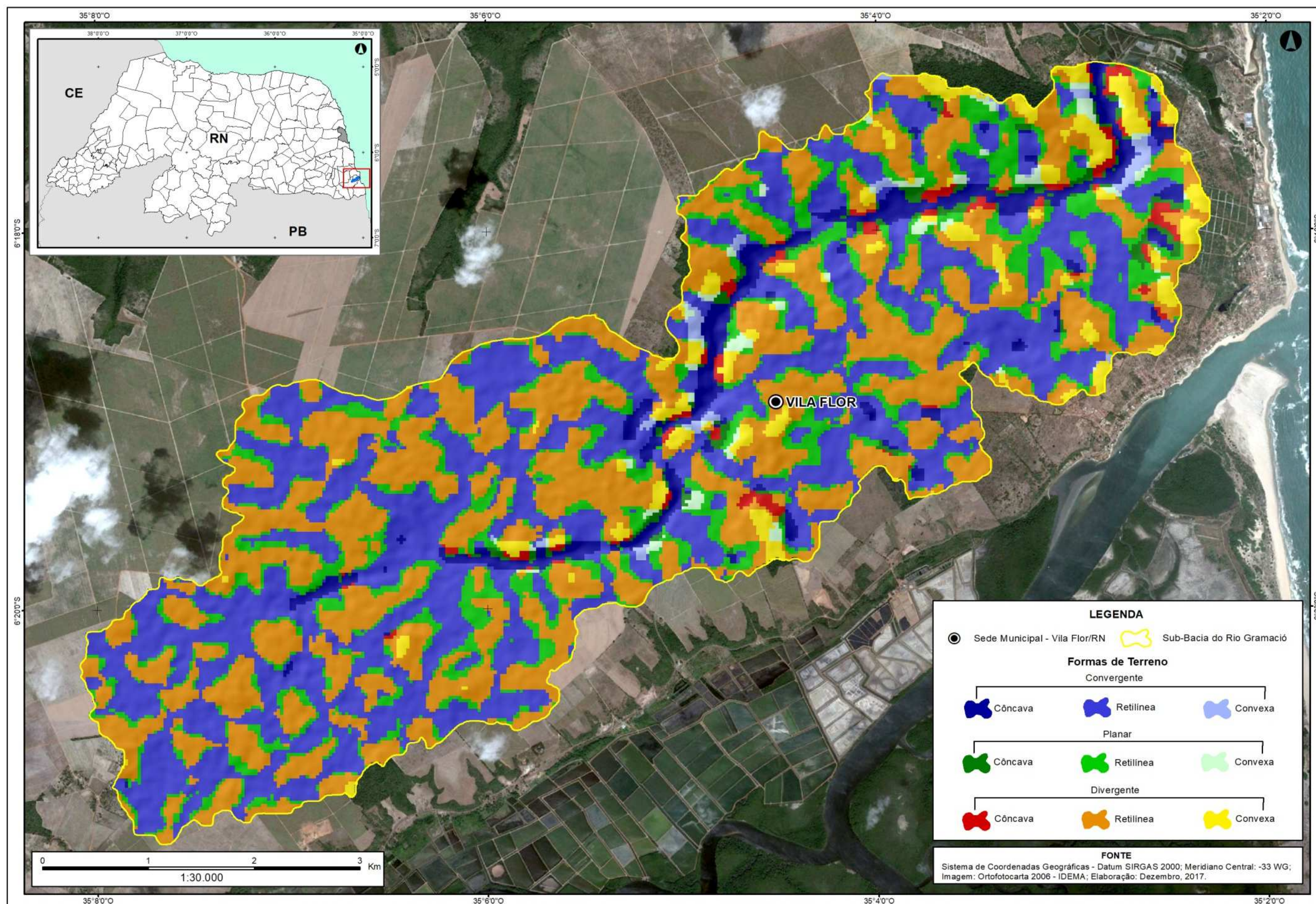


Figura 36 - Geometrias das vertentes da área da sub-bacia do rio Gramació. Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

O mapeamento das geometrias na área de estudo demonstrou que 1257,8 ha referem-se à forma retilíneo-convergente, equivalente a 36,69%, seguido por 1198 (ha) do tipo retilíneo-divergente, com 34,95% e 502,1 (ha) da forma retilíneo-planar, correspondente a 14,65% da área da sub-bacia, conforme observado na tabela 17.

Tabela 17 - Resultado quali-quantitativo das geometrias das vertentes na área da sub-bacia do rio Gramació.

Curvatura Horizontal	Curvatura Vertical	Área (ha)	(%)	Geometrias das vertentes
Convergente	Côncavo	165,1	4,82	Côncavo-Convergente
	Retilíneo	1257,8	36,69	Retilíneo-Convergente
	Convexo	24,8	0,72	Convexo-Convergente
Planar	Côncavo	49,4	1,44	Côncavo-Planar
	Retilíneo	502,1	14,65	Retilíneo-Planar
	Convexo	40,5	1,18	Convexo-Planar
Divergente	Côncavo	49,1	1,43	Côncavo-Divergente
	Retilíneo	1198	34,95	Retilíneo-Divergente
	Convexo	141,1	4,12	Convexo-Divergente

Fonte: Adaptado de Silva Neto (2013).

Como exemplo da forma retilíneo-convergente na área de estudo, na figura 37 observa-se a formação de sulcos decorrente do fluxo convergente com escoamento concentrado nas vias de acesso nas proximidades dos pontos de amostragem R-01 e R-02.



Figura 37 - Escoamento superficial na sub-bacia, próximo aos pontos de coleta R-01 (esquerda) e R-02 (direita), ambos localizados na forma de terreno retilíneo-convergente. Fonte: Acervo do autor, 2016.

As geometrias das vertentes retilíneo-convergente e retilíneo-divergente são predominantes na área de estudo, onde a primeira ocorre a concentração e acumulação dos fluxos de escoamento superficial levando ao transporte de partículas maiores. Já a retilíneo-divergente ocorre à dispersão dos fluxos de escoamento superficial, movidas pelo escoamento laminar difuso (VALERIANO, 2008).

Nesse contexto, a área é caracterizada por solos do tipo argissolos vermelho amarelo-distrófico, susceptível a erosão (EMBRAPA, 2017), cuja forma de terreno identificada favorece a dissecação do terreno, através da concentração dos fluxos d'água resultando na remoção e deslocamento das partículas superficiais do solo e carreadas para o corpo hídrico podem levar ao assoreamento e elevação da turbidez decorrente do material em suspensão no corpo d'água. Além disso, os sedimentos em suspensão podem carrear nutrientes e pesticidas, oriundos da cultura de cana-de-açúcar impactando a fauna aquática.

Corroborando com a forma e a característica do terreno, especialmente à declividade e o relevo acabam sendo condicionantes no uso e ocupação da terra, como também na possível alteração da qualidade da água. Desta forma, na figura 38 é possível observar as formas de relevo e a distribuição das classes de declividade na área da sub-bacia do rio Gramació.

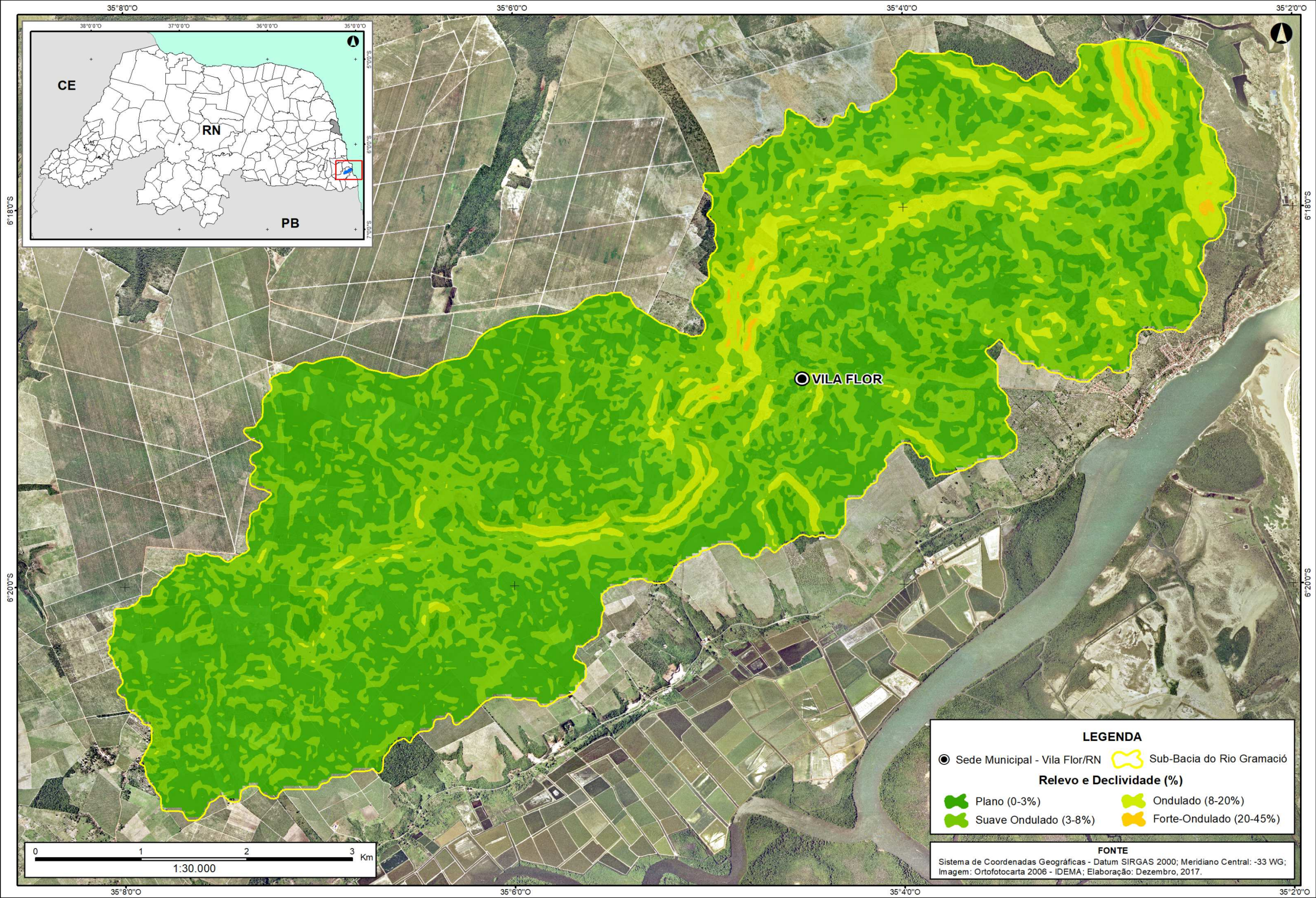


Figura 38 - Relevo e declividade da área da sub-bacia do rio Gramació. Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

A distribuição das classes de declividade identificadas na área da sub-bacia e o percentual correspondente para cada classe são apresentados na tabela 18.

Tabela 18 - Distribuição quantitativa e percentual das classes de declividade na área da sub-bacia do rio Gramació.

Relevo	Declividade	Área (ha)	%
Plano	(0 - 3 %)	1561,5	45,35
Suave Ondulado	(3 - 8 %)	1506,8	43,76
Ondulado	(8 - 20 %)	347,4	10,09
Forte Ondulado	(20 - 45 %)	27,4	0,8

Conforme observado na tabela 16, as formas de relevo do tipo plano (0-3%) e suave ondulado (3-8%), ambas somadas representam 89,12%, caracterizando um relevo “monótono” na área da sub-bacia, o que favorece o cultivo da cana-de-açúcar, como também, o seu corte de forma mecanizada.

Porém, 10,09% da área da sub-bacia, correspondem ao relevo ondulado (8-20%), o que limita o acesso das máquinas em determinados locais para o corte. Nessa situação o corte de forma manual é efetuado, porém é necessária a queima da palha da cana-de-açúcar para promover a limpeza das folhas, a fim de facilitar seu corte pelos trabalhadores (Figura 39).



Figura 39 - Colmos de cana-de-açúcar com fuligem demonstrando o uso da prática da queima da palha da cana-de-açúcar. Fonte: Acervo do autor, 2016.

Em alguns estados do Brasil a prática da queima da palha é proibida, pois um dos pontos mais críticos são as emissões de gases do efeito estufa na atmosfera, além da “esterilização” da primeira camada de solo, entretanto essa prática ainda é feita na área da sub-bacia.

Tal classe pode ser observada nas áreas onde a forma de terreno é do tipo retilínea-convergente localizadas na unidade geomorfológica tabuleiro com dissecação homogenia mais intensa e vegetação de várzea, conforme figura 40.



Figura 40 - Relevo do tipo ondulado na área da sub-bacia. Fonte: Acervo do autor, 2016.

O relevo forte ondulado identificado na área de estudo compreende apenas 0,8% da área total da sub-bacia, podendo verificar a formação no extremo leste da sub-bacia, próximo as margens do rio Gramació (Figura 41), localizados nas unidades geomorfológicas: tabuleiro com dissecação homogenia mais intensa, planície fluvial e dunas inativas. Com relevo variando de 20 a 45% de declividade essas áreas acabam tendo limitações topográficas e restrições ambientais quanto ao uso e ocupação.



Figura 41 - Relevo do tipo ondulado com declividade entre 20-45% na área da sub-bacia. Fonte: Acervo do autor, 2017.

A partir da identificação das classes de declividade e tipo de relevo, a pesquisa pode contribuir na identificação dos pontos ao longo do corpo hídrico que favoreçam o escoamento de material para o leito do rio e alteram a qualidade da água sob o aspecto da turbidez.

A declividade de uma bacia hidrográfica é relevante no planejamento, principalmente para garantir o cumprimento das intervenções do homem através da legislação dentre outros processos.

Com relação ao parâmetro densidade de drenagem, a análise revelou ter baixa densidade, significando que a sub-bacia é suscetível a enchentes, porém os parâmetros: coeficiente de compacidade, fator de forma e índice de circularidade demonstraram o contrário, ou seja, de baixa suscetibilidade a enchentes.

Nesse aspecto, entende-se que quanto maior a hierarquia, maiores são as delimitações das Áreas de Preservação Permanente (APP's) ao longo dos cursos d'água, onde teoricamente são áreas de vegetação mais densa, porém a análise do uso e cobertura da terra possibilitará identificar a situação dessas áreas ao longo dos canais no sub-capítulo 6.1.

Desta forma, vale ressaltar que nenhum desses parâmetros, isoladamente, deve ser entendido como capaz de simplificar a complexa dinâmica da sub-bacia. Pois, nota-se

que as características naturais da sub-bacia associadas aos parâmetros morfométricos permitiram identificar *in loco* as relações existentes entre a precipitação, declividade e a forma de terreno, por exemplo, através do tipo de escoamento superficial predominante na sub-bacia que contribui para alterar a qualidade da água através do transporte de sedimentos para o rio Gramació, onde será discutido no capítulo 7 – Análise da qualidade da água.

Com relação à tendência a enchentes a sub-bacia apresenta características morfométricas que não a torna susceptível a cheias, pois conforme os resultados obtidos dos parâmetros analisados, os mesmos demonstrarem a baixa tendência a enchentes.

Desse modo, a análise dos parâmetros morfométricos possibilitou compreender de forma quantitativa o arranjo do sistema de drenagem, permitindo identificar às formas que se dá o escoamento superficial e a disposição espacial dos usos em função das características do relevo da sub-bacia.

6 GEOTECNOLOGIA COMO SUPORTE NA ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA

Uma das principais aplicações das geotecnologias na análise do uso e cobertura da terra é a caracterização das atividades do homem sobre a superfície terrestre (AUGUSTO, SEABRA, 2013). A interpretação de diferentes padrões dos elementos contidos nas imagens aéreas e orbitais permite o mapeamento dos usos e da cobertura da terra através das ferramentas computacionais de geoprocessamento.

Nesse sentido, de acordo com Rosa (2003), o estudo do uso e ocupação da terra, “consiste em buscar o conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou pela caracterização dos tipos e categorias de vegetação natural que reveste o solo”.

Desta forma, o mapeamento do uso e cobertura da terra na sub-bacia do rio Gramació permite identificar e compreender a distribuição dos elementos que constituem a paisagem da área de estudo.

Assim, a partir do uso das geotecnologias o sub-capítulo a seguir irá analisar de forma quantitativa e qualitativa os padrões de uso e cobertura da terra e seus efeitos sobre os recursos naturais a luz da legislação ambiental.

6.1 ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA

O presente capítulo tem como objetivo o mapeamento e a análise das mudanças do uso e cobertura da terra na sub-bacia do rio Gramació, através do uso das geotecnologias.

Nesse sentido, as subclasses: Áreas urbanizadas, Culturas temporárias, Culturas permanentes, Pastagens, Área florestal, Área campestre, Áreas descobertas (solo exposto) e Águas Continentais (aquicultura) foram mapeadas e hierarquizadas, conforme as nomenclaturas do Nível II, do Sistema de Classificação de Uso da Terra - SCUT.

Após a interpretação das imagens na identificação dos padrões homogêneos da cobertura terrestre, foram realizadas visitas *in loco* para validar, atualizar e corrigir as classes identificadas após a interpretação visual das imagens. O processo de validação, atualização e correção se deu por meio da coleta das coordenadas geográficas das áreas visitadas em campo e sobrepostas nas imagens via *software* ArcGis para efetuar as alterações necessárias.

Desta forma, a partir da classificação do uso e cobertura da terra da sub-bacia do rio Gramació foi possível realizar a análise temporal, espacial e quantitativa das áreas (ha) de todas as subclasses, entre os anos de 2006 e 2011, através da tabela 19.

A análise temporal adotou o período entre os anos de 2006 e 2011, em função da disponibilidade gratuita, como também, pela resolução espacial das imagens atenderem a escala de análise de 1:25000.

Tabela 19 - Evolução das áreas (ha) e respectivos percentuais das classes do uso e cobertura da terra da sub-bacia do rio Gramació dos anos de 2006 e 2011.

Classes	2006		2011		Evolução (ha)
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	
Águas Continentais**	84,22	2,45	84,22	2,45	0
Águas Continentais(Aquicultura)*	1,49	0,04	1,49	0,04	0
Área Florestal	473,52	13,80	475,18	13,84	1,66
Área Campestre	108,54	3,16	107,36	3,13	-1,18
Áreas Urbanizadas	33,99	0,99	52,86	1,54	18,87
Áreas Descobertas (Solo Exposto)*	9,09	0,26	9,82	0,29	0,73
Culturas Temporárias	2314,48	67,43	2374,65	69,19	60,17
Culturas Permanentes	396,06	11,54	315,83	9,20	-80,23
Pastagens	10,90	0,32	10,90	0,32	0
Total	3432	100	3432	100	

* Adaptado do Sistema de Classificação de Uso da Terra, IBGE (2013).

** As Águas continentais nesse estudo consideram as áreas referentes a planície fluvial.

A análise qualitativa das subclasses mapeadas, a partir das imagens dos anos de 2006 e 2011, possibilitou verificar a evolução espacial de cada subclasses.

Assim, observou-se que as subclasses: Águas Continentais, Águas Continentais (Aquicultura) e Pastagens não tiveram alteração quanto às áreas (ha), no período entre os anos de 2006 a 2011, na sub-bacia do rio Gramació.

Já a subclasse Áreas Descobertas (Solo Exposto) teve um aumento 0,73 (ha), comparando os anos de 2006 e 2011, estando relacionado à ampliação da área urbana e extração de areia. No mesmo período, a Área Campestre reduziu em 1,18 (ha) sua área, em decorrência da expansão urbana.

A subclasse Áreas Urbanizadas obteve um aumento de 18,87 (ha) em 2011, comparando com o ano de 2006, refletindo o processo decrescimento populacional, especificamente do município de Vila Flor, demandando áreas para a expansão urbana.

Com relação a subclasse Área Florestal, houve um pequeno aumento de 1,66 (ha) entre os anos de 2006 e 2011, motivado pelo abandono de Áreas de Culturas Permanentes, como também, pelo restabelecimento da vegetação.

À subclasse Culturas Permanentes, a redução foi mais expressiva entre as subclasses nos anos de 2006 e 2011, valor equivalente a 80,23 (ha). Tal processo pode

ser explicado pelo aumento de 60,17 (ha) da subclasse Culturas Temporário, principalmente pela produção da cana-de-açúcar, como também, pela expansão da área urbana.

De acordo com Ballester (2013), o cultivo da cana-de-açúcar pode causar diversos impactos ambientais, sendo um deles é provocado pelo uso da vinhaça, composto químico rico em nitrogênio derivado do refino do álcool, utilizado como fertilizante para a cultura, porém sua presença em excesso na água de rios e lagos, pode favorecer o crescimento de algas.

Desta forma, nas figuras 42 e 43 são apresentadas as alterações ocorridas nas subclasses, entre os anos de 2006 e 2011, onde as consequências sobre as fontes de água são analisadas no capítulo 7, referente à análise da qualidade da água superficial e subterrânea, sob o aspecto da legislação vigente.

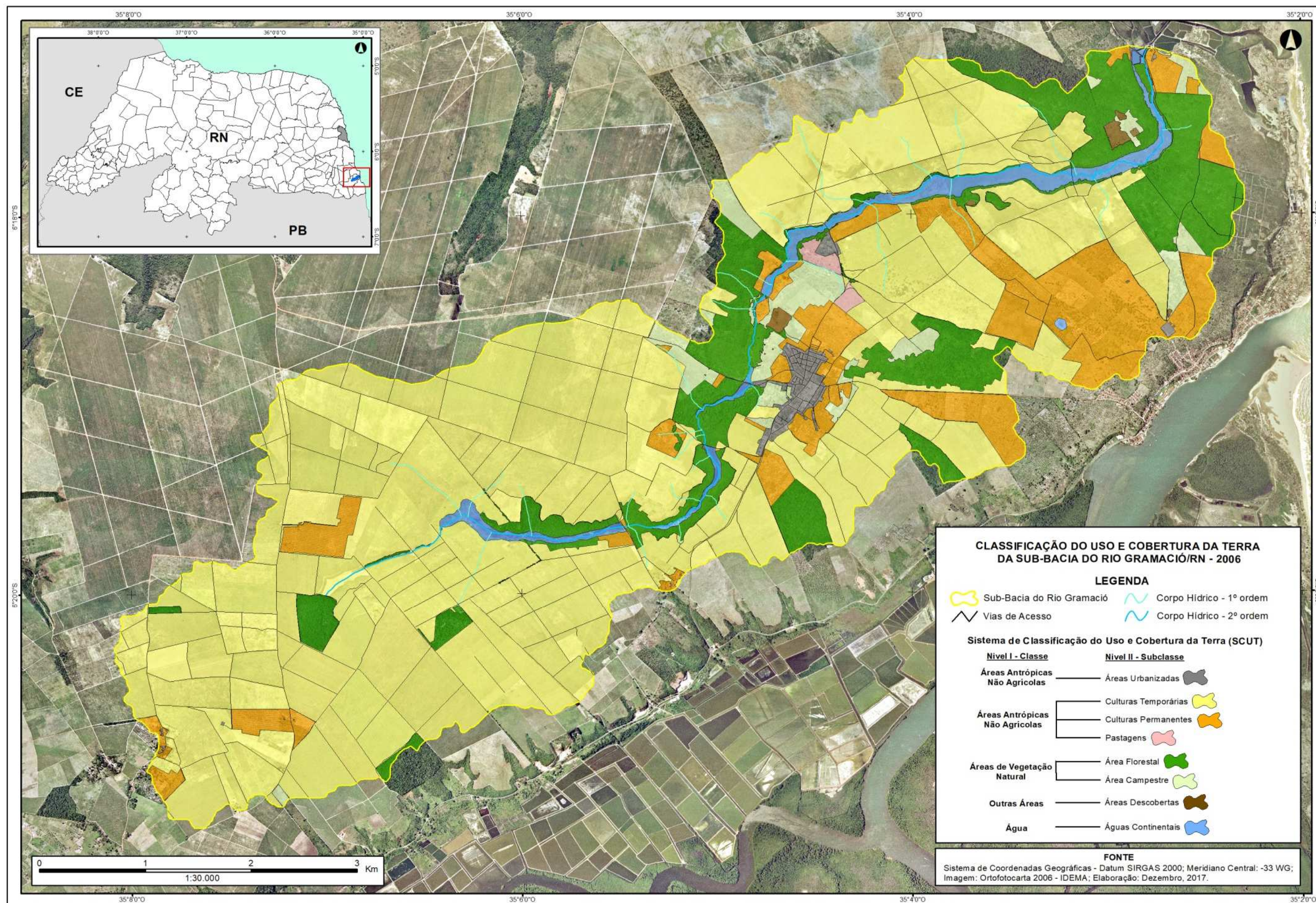


Figura 42 - Mapeamento das subclasses do uso e cobertura da terra da sub-bacia do rio Gramació do ano de 2006. Elaborado pelo autor, 2017.

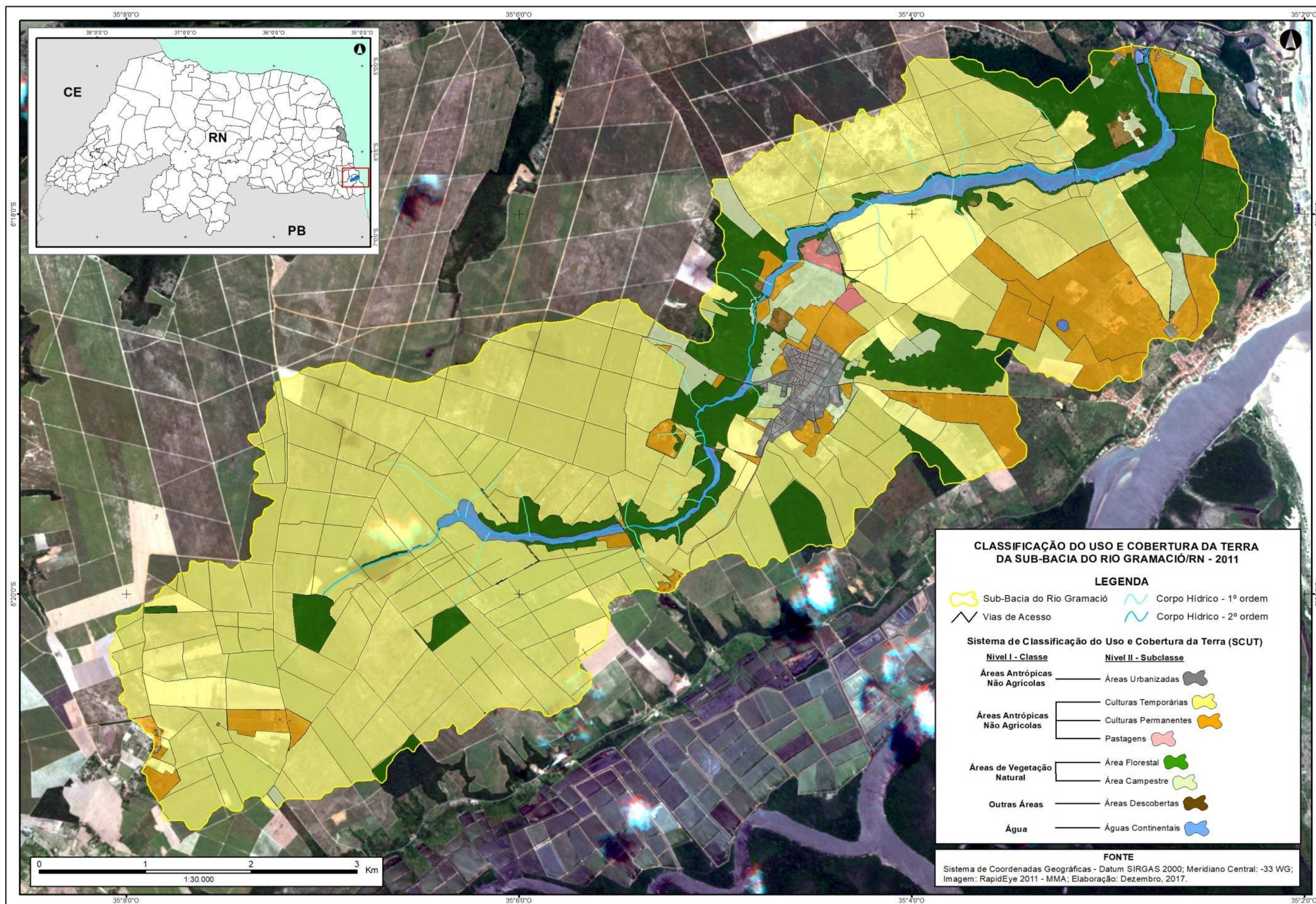


Figura 43 - Mapeamento das subclasses do uso e cobertura da terra da sub-bacia do rio Gramació do ano de 2011. Elaborado pelo autor, 2017.

Assim, a partir da análise quali-quantitativa, as subclasses: Área Urbanizada e Culturas Temporárias foram às responsáveis pelas maiores alterações da paisagem na sub-bacia, em detrimento das Áreas Campestres e Culturas Permanentes. Tal processo reflete sobre os recursos naturais, especialmente os recursos hídricos, pois a área urbanizada existente na sub-bacia refere-se à sede municipal de Vila Flor, a qual não há sistema de coleta e tratamento de esgotos domésticos, acaba lançando diretamente no solo e no rio Gramació os esgotos e águas cinzas, alterando as características naturais de qualidade da água.

Além da problemática da falta de infraestrutura relacionada a esgotamento sanitário, a substituição das áreas de Culturas Permanentes por Culturas Temporárias, acaba expondo o solo aos processos erosivos, através do arraste de material particulado para o leito do rio, assoreando o corpo hídrico e alterando as características naturais da água.

Outra questão a ser abordada relacionada à qualidade dos recursos naturais remete a cobertura da terra, especificamente a faixa de proteção florestal das margens do rio Gramació, as Áreas de Preservação Permanente (APP's).

De acordo com a lei nº 12.651/2012 (Novo Código Florestal Brasileiro), considera-se APP's as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde aborda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- 30 metros, para os cursos d'água com largura inferior a 10 metros;
- 50 metros, para os cursos d'água que tenham de 10-50 metros de largura;
- 100 metros, para os cursos d'água que tenham de 50-200 metros de largura;
- 200 metros, para os cursos d'água que tenham de 200-600 metros de largura;
- 500 metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 metros.

O art. 3º, no inciso XIX, do Novo Código Florestal conceitua leito regular como “a calha por onde correm regularmente as águas do curso d'água durante o ano” (BRASIL, 2012, p. 13).

Porém, anterior a nova versão do Código Florestal, a lei nº 4.771/1965 (Antigo Código Florestal Brasileiro), considerava a área de APP entre o leito regular e o limite máximo hidrológico, como parte do leito do rio, onde não deveria ser utilizado pelo

proprietário rural com qualquer tipo de cultivo, conforme ilustra a figura 44 (CAMPAGNOLO, 2013).

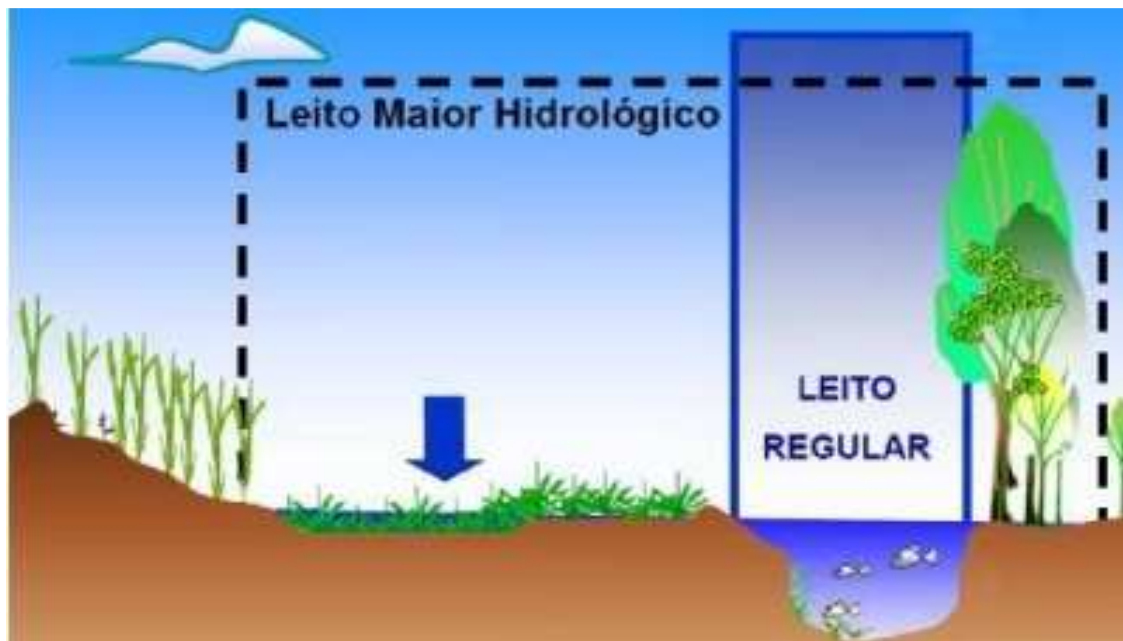


Figura 44 - Delimitação do leito regular e leito maior hidrológico de um rio, a partir da lei nº 12.651/2012 (Novo Código Florestal Brasileiro) e lei nº 4.771/1965 (Antigo Código Florestal Brasileiro), respectivamente. Fonte: CAMPAGNOLO, 2013.

O Novo Código Florestal reduz a largura mínima da faixa de APP, pois sua delimitação tem início a partir do leito regular do rio. Com relação à APP no entorno de reservatórios, o parágrafo 1º do Inciso XI, não exige a área de proteção no entorno de reservatórios artificiais de água que não decorram de barramento ou represamento de cursos d'água naturais.

Nesse sentido, ao longo do curso do rio Gramació, estradas cruzam seu fluxo e acabam tendo a função de barragem e, conseqüentemente criando um reservatório, onde o fluxo d'água do rio é alterado por comporta e tubulação de passagem, no ponto R-01 e R-03, por exemplo, com o intuito de perenizar o rio, conforme as figuras 45 e 46. Assim, o barramento ou represamento existente ao longo do rio Gramació é consequência da instalação da via de acesso e não para o abastecimento público.



Figura 45 - Comporta instalada no rio Gramació para controle de vazão no ponto R-01. Fonte: Acervo do autor, 2016.



Figura 46 - Tubulação de saída da água do rio no ponto R-03 no rio Gramació para controle de vazão. Fonte: Acervo do autor, 2016.

Conforme o critério de delimitação da APP do Novo Código Florestal, a faixa a ser estabelecida para o rio Gramació é de 30 metros, pois o rio não ultrapassa a largura de 10 metros. Contudo, ressalta-se que os rios de 1º ordem ocorrem em decorrência da precipitação, logo são caracterizados como efêmeros, ou seja, a delimitação da APP não é obrigatória, conforme determina o Inciso I do artigo 4º.

Assim, a partir da análise morfométrica da sub-bacia e interpretação das fotografias aéreas e imagem orbital, o leito regular foi delimitado, para assim determinar a faixa de proteção e analisar o quantitativo que cada sub-classe integra a área da APP dos anos de 2006 e 2011, conforme as figuras 47 e 48.

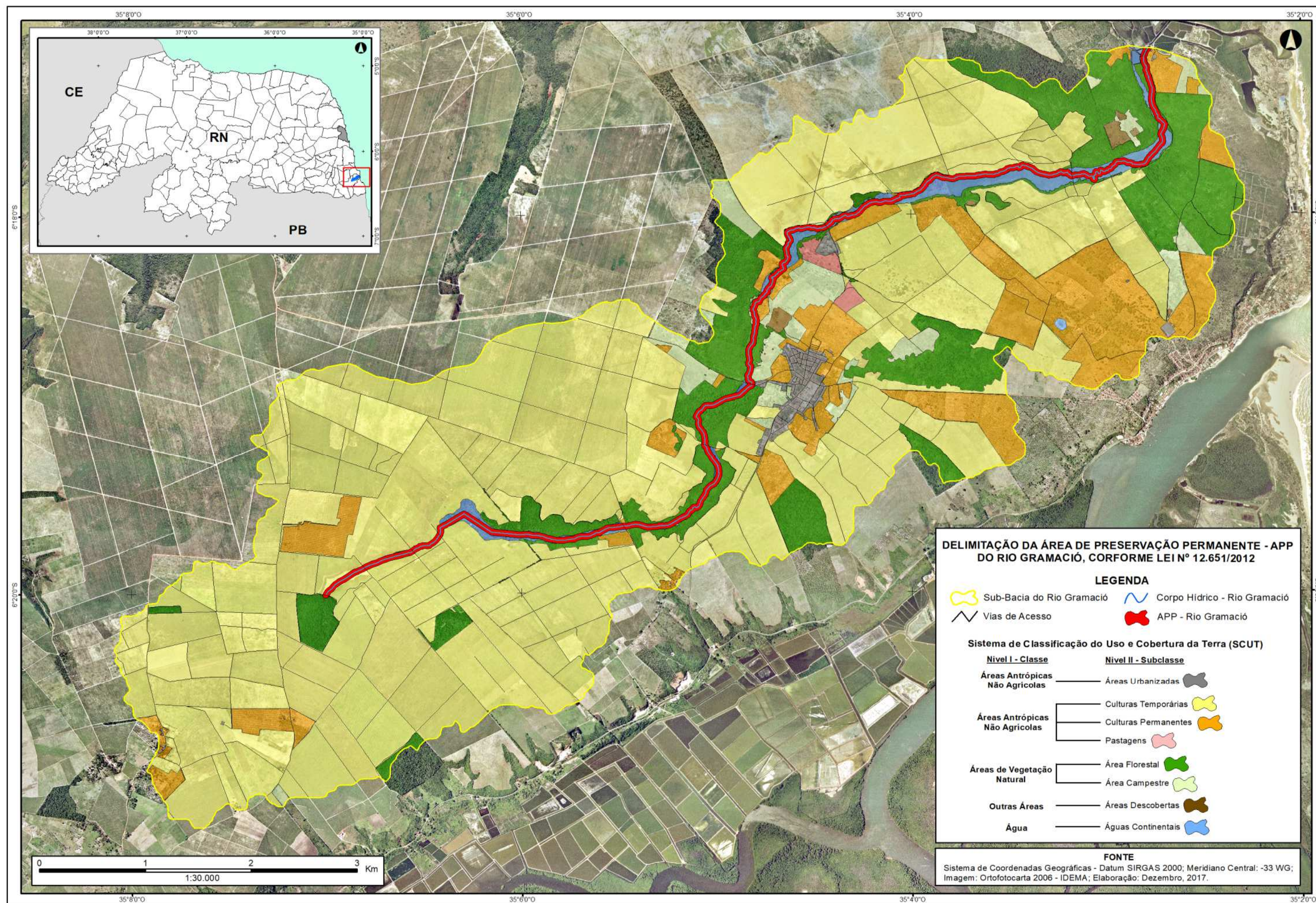


Figura 47 - Delimitação da Área de Preservação Permanente do rio Gramació do ano de 2006. Elaborado pelo autor, 2017.

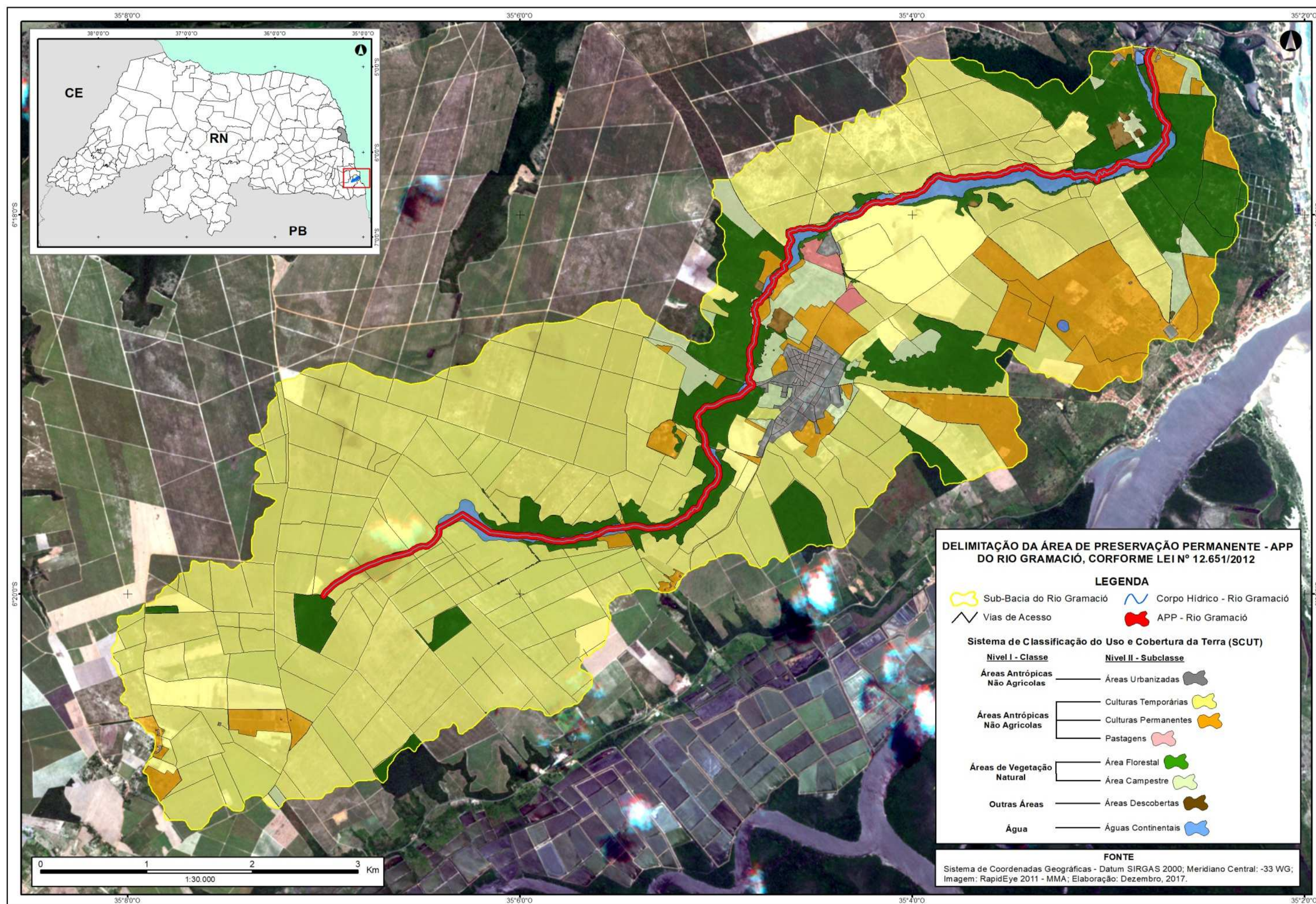


Figura 48 - Delimitação da Área de Preservação Permanente do rio Gramació do ano de 2011. Elaborado pelo autor, 2017.

Após a delimitação da faixa de APP do rio Gramació, com 75 (ha) de área, efetuou-se a sobreposição dos arquivos vetoriais das subclasses de uso e cobertura da terra dos anos de 2006 e 2011 e da faixa de APP, a fim de analisar a evolução de ocupação dessas subclasses sobre a faixa de proteção.

Nesse sentido, na tabela 20 é possível observar o quanto que cada subclasse está inserida na faixa de proteção e fazer a análise de ocupação entre os anos de 2006 e 2011.

Tabela 20 - Quantitativo das subclasses do uso e cobertura da terra inseridas na faixa da APP do rio Gramació, nos anos de 2006 e 2011.

Subclasses	2006		2011		Evolução (ha)
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	
Águas Continentais*	44,28	59,04	44,28	59,04	0
Área Florestal	18,16	24,21	18,19	24,41	0,03
Área Campestre	0,65	0,87	0,65	0,87	0
Áreas Urbanizadas	0,25	0,33	0,25	0,33	0
Solo Exposto	0,09	0,12	0,09	0,12	0
Culturas Temporárias	9,28	12,37	9,95	13,27	0,67
Culturas Permanentes	2,55	3,40	1,91	2,55	-0,64
Pastagem	0	0	0	0	0
APP	75	100	75	100	

*As Águas Continentais soma-se o rio Gramació e a planície de inundação, pois se trata de uma área úmida, onde sofre influência dos regimes pluviométricos.

Ao verificar a tabela 20, percebe-se que grande parte da faixa de APP está inserida na subclasse Águas Continentais. Isso ocorre em função do critério estabelecido pelo Novo Código Florestal para a delimitação da faixa de APP, onde adota o regime regular do rio como início para a faixa mínima de proteção. Assim, aproximadamente 60% da APP é composta pela planície de inundação, com vegetação de porte baixo característicos de solos encharcados, mantendo-se inalterado sua área durante os anos de 2006 e 2011.

Comparando os anos de 2006 e 2011, a subclasse Culturas Temporárias ampliou sua área em 0,67 (ha), ou seja, quase 25% da área da APP é constituída pela cana-de-açúcar, porém tal processo ocorreu em detrimento da redução das áreas de Culturas Permanentes, onde houve uma redução de 0,64 ha.

Com relação a subclasse Área Florestal, sua área ampliou de forma pouco expressiva com apenas 0,03 (ha), entre os anos de 2006 e 2011, motivado pelo abandono de áreas de Culturas Permanentes.

Silva (2003) descreve o papel importante da mata que compõe a faixa da APP ao longo dos rios em nove itens:

- a) Estabilização de taludes e encostas;
- b) Manutenção da morfologia do rio e proteção a inundações;
- c) Retenção de sedimentos e nutrientes;
- d) Manutenção da qualidade da água e do solo;
- e) Fornecimento de alimento e hábitat para criaturas aquáticas;
- f) Manutenção de corredores ecológicos;
- g) Paisagem e recreação;
- h) Fixação do gás carbônico; e
- i) Intercepção de escombros rochosos.

A partir dos resultados apresentados, observou que a subclasse Áreas Temporárias, especialmente o cultivo da cana-de-açúcar é predominante na área da sub-bacia do rio Gramació. Tal predomínio reflete diretamente nos recursos naturais apresentado nesse capítulo, em especial a vegetação que integra a APP e na qualidade da água superficial.

Campagnolo (2013) ressalta que a alteração do início da faixa de APP deixando de considerar o limite maior hidrológico estabelecido no Antigo Código Florestal, lei nº 4.771/1965 e adotando o leito regular, conforme preconiza o Novo Código Florestal, lei nº 12.651/2012, acarretou grande perda de área protegida. O Antigo Código Florestal definia as APP's em florestas e demais formas de vegetação natural que estejam situadas ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água, adotando de 30 a 500 metros de largura, a partir do seu nível mais alto.

Com relação às larguras das faixas das APP's, em ambas as legislações as dimensões permaneceram as mesmas, contudo o critério adotado para dar início a faixa da APP divergem entre si. Conforme colocado por Campagnolo (2013), o Antigo Código Florestal adotava a leito maior hidrológico e o novo Código Florestal adota a calha por onde corre as águas do curso d'água, ou seja, o leito regular do rio. Nesse aspecto, na figura 49 é possível observar a delimitação da faixa de APP adotando o critério preconizado pelo Antigo Código Florestal e a extensão da área que deveria ser preservada.

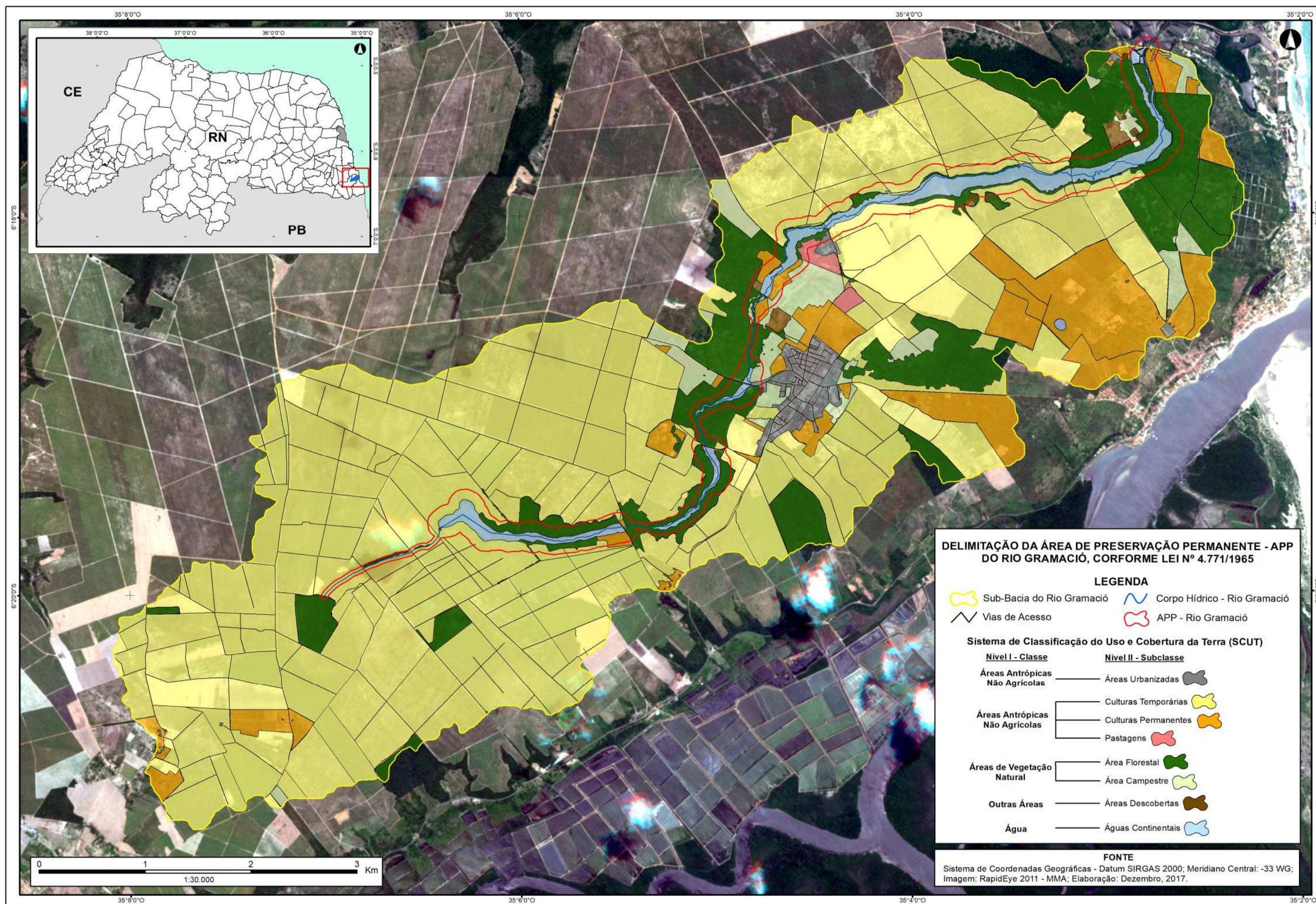


Figura 49 - Delimitação da Área de Preservação Permanente do rio Gramació, conforme antigo Código Florestal. Elaborado pelo autor, 2017.

A tabela 21 apresenta o comparativo das áreas de cada subclasse que esta inserida na faixa de APP do Antigo e do Novo Código Florestal, a partir do mapeamento do uso e cobertura da terra do ano de 2011.

Tabela 21 - Quantitativo das subclasses do uso e cobertura da terra inserida na faixa de APP delimitadas a partir do critério da lei nº 4.771/1965 (Antigo Código Florestal) e lei nº 12.651/2012 (Novo Código Florestal).

Subclasses	Antigo Código		Novo Código		Evolução (ha)
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	
Área Florestal	98,95	33,65	18,19	24,25	-80,76
Área Campestre	5,22	1,78	0,65	0,87	-4,57
Áreas Urbanizadas	1,94	0,66	0,25	0,33	-1,69
Solo Exposto	0,92	0,31	0,09	0,12	-0,83
Culturas Temporárias	85,5	29,07	9,95	13,27	-75,55
Culturas Permanentes	14,8	5,03	1,91	2,55	-12,89
Pastagem	2,07	0,70	0	0	-2,07
APP	294,08	100	75	100	

Ao analisar o quantitativo da tabela 21 das áreas das subclasses, a delimitação da faixa de APP do Antigo Código Florestal contempla uma área de 98,95 (ha) de Área Florestal, valor equivalente a 33,65%, seguido pela subclasse Culturas Temporárias com 85,5 (ha), representando 29,07% da faixa da área da APP no Antigo Código Florestal, cultura que corresponde a cultura da cana-de-açúcar e pelas Culturas Permanentes com 1,91%.

A redução da área de abrangência da faixa de APP ocorre em função do critério estabelecido pelo Novo Código Florestal, adotando o regime regular do rio como início para a faixa mínima de proteção. Constata-se que ocorreu uma redução da Área Florestal e a fragmentação das florestas nativas existentes em prol principalmente à expansão agrícola das Culturas Temporárias e Permanentes.

Além da problemática acerca da cobertura florestal da faixa de proteção e da ausência de sistema de esgotamento sanitário na sede de Vila Flor, o problema da questão da gestão dos resíduos sólidos por parte da prefeitura de Vila Flor e Canguaretama coloca em risco a qualidade da água subterrânea, do solo e da população que coleta materiais.

Os resíduos sólidos produzidos por Vila Flor são destinados uma área particular cedida ao município, onde são aterrados em valas após seu preenchimento (Figura 50), cujo local é denominado pela prefeitura de aterro controlado.



Figura 50 - Disposição dos resíduos sólidos produzidos pelo município de Vila Flor em valas. Fonte: Acervo do autor, 2016.

O aterro controlado representa uma gestão intermediária entre lixão e os aterros sanitários, onde recebem uma cobertura de terra reduzindo o impacto visual, mau odor, proliferação de animais e a presença de pessoas para a coleta de resíduos de valor agregado (ALBUQUERQUE, 2011).

Porém, mesmo com essas ações o aterro controlado não tem a estrutura completa de aterro sanitário tais como: manta de proteção, drenagem e a coleta do chorume, subproduto altamente impactante para o solo e lençol freático, como também, a queima do biogás, gerado pela decomposição da matéria orgânica.

A lei nº 12.305/2010 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos determinando em agosto de 2014 o prazo para os municípios se adequarem a lei, prevendo o fim dos lixões e a destinação adequada dos resíduos. Entretanto, o alto custo para instalar um aterro sanitário o torna inviável para o município, ficando a solução do aterro controlado como opção na destinação dos resíduos.

Como foi informada, a área da sub-bacia integra dois municípios, Vila Flor e Canguaretama. O primeiro destina seus resíduos em aterro controlado e o segundo

dispõe seus resíduos em um lixão localizado na extremidade leste da sub-bacia (Figura 51). Porém, apesar da disparidade de gestão por parte de cada município a problemática da destinação dos resíduos de forma correta está longe do que preconiza a lei 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.



Figura 51 - Lixão localizado na área da sub-bacia do rio Gramació e no município de Canguaretama. Fonte: Acervo do autor, 2017.

Apesar de o lixão estar localizado no município de Canguaretama, o local da disposição inadequada dos resíduos está na área da sub-bacia do rio Gramació, conforme pode ser observado na figura 52.

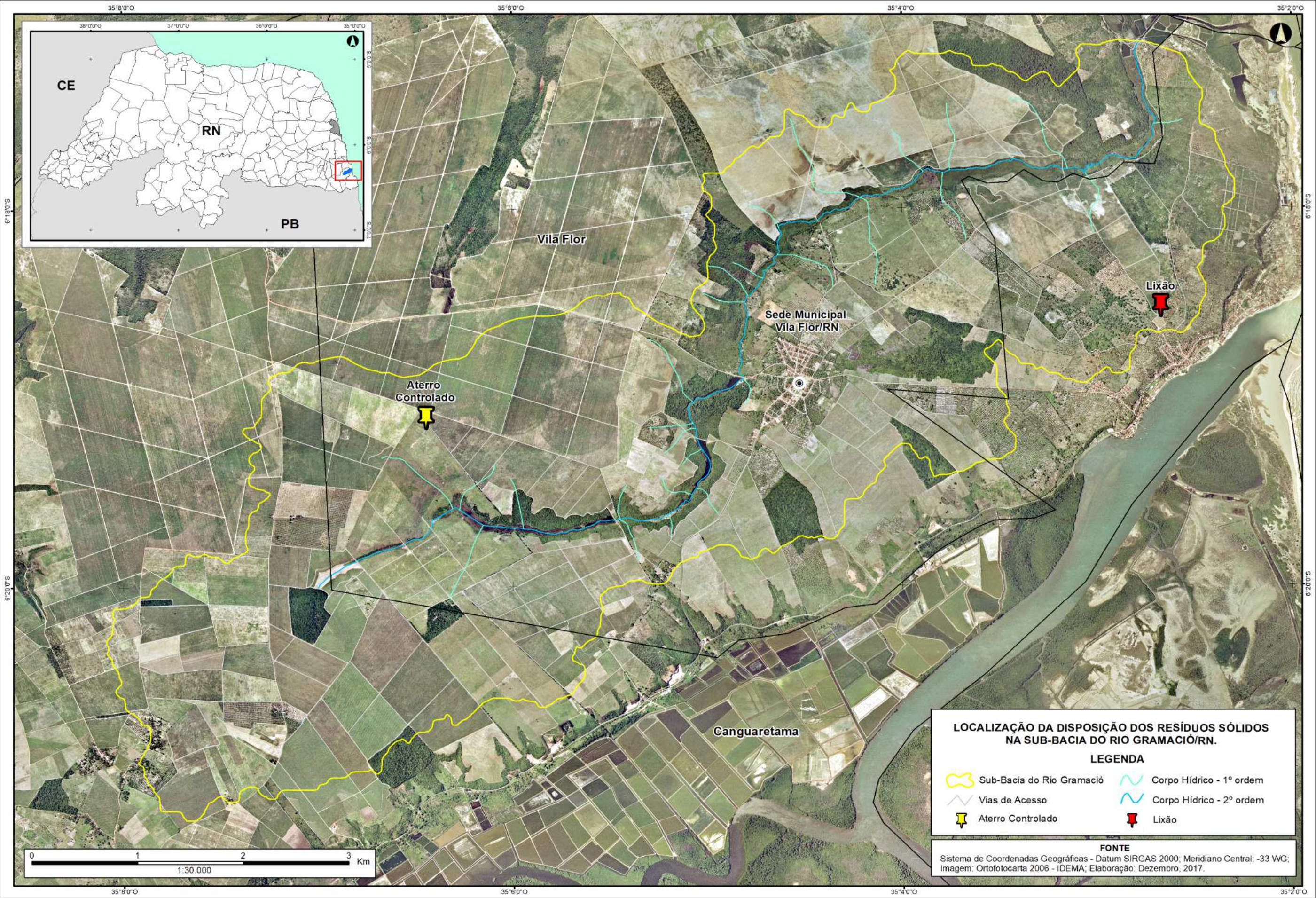


Figura 52 - Localização dos pontos de disposição de resíduos sólidos na área da sub-bacia do rio Gramació. Elaborado pelo autor, 2017.

A disposição inadequada de resíduos sólidos como o lixão pode trazer consequências para a qualidade dos recursos naturais, por exemplo, a contaminação do lençol freático e do solo, além da questão social, pois expõe a saúde das pessoas que coletam diversos materiais nesse local, e expor a doenças que podem ser contraídas a partir dos vetores transmissores, como ratos e mosquitos, além de inalar gases tóxicos e contato com materiais cortantes.

Assim, a geotecnologia se mostrou de grande valia na espacialização do uso e cobertura da terra na área da sub-bacia, pois permitiu efetuar a análise temporal e quantitativo dos usos sobre os recursos naturais, de tal modo a compreender a amplitude das áreas que permaneceram inalteradas quanto das áreas que sofreram impactos decorrentes do uso e ocupação e suas consequências na área objeto desse estudo.

Desta forma, para ampliar a análise sobre os demais recursos, em especial, a qualidade da água superficial e subterrânea, no capítulo a seguir será discutido os resultados obtidos a partir das análises de qualidade das águas do rio Gramació e dos poços particulares, a luz da legislação vigente.

7 ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA SEGUNDO A LEGISLAÇÃO VIGENTE

O presente capítulo tem como objetivo apresentar os resultados das análises da qualidade das águas superficial e subterrânea da sub-bacia do rio Gramació, através da espacialização, identificação, caracterização e enquadramento legal dos parâmetros monitorados.

A figura 53 ilustra a distribuição dos pontos de amostragem de água do rio Gramació e as respectivas codificações destes na sub-bacia, iniciando pelo ponto R-01 a montante até o ponto R-06 a jusante do corpo hídrico. Já na figura 54, são espacializados os pontos de coleta de água nos poços particulares, ilustrando as nomenclaturas das identificações e coordenadas geográficas dos locais monitorados.

Após a espacialização dos pontos de amostragem das águas superficiais e subterrâneas, nos sub-capítulos a seguir são apresentados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos de qualidade da água, oriundas das amostras de água coletadas ao

longo do rio Gramació e dos poços particulares, onde os resultados foram comparados com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 para os corpos d'água de classe 2, como também, comparados com os padrões de potabilidade estabelecidos na Portaria 2.914/2011.



Figura 53 - Localização dos pontos de amostragem de água ao longo do rio Gramació. Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

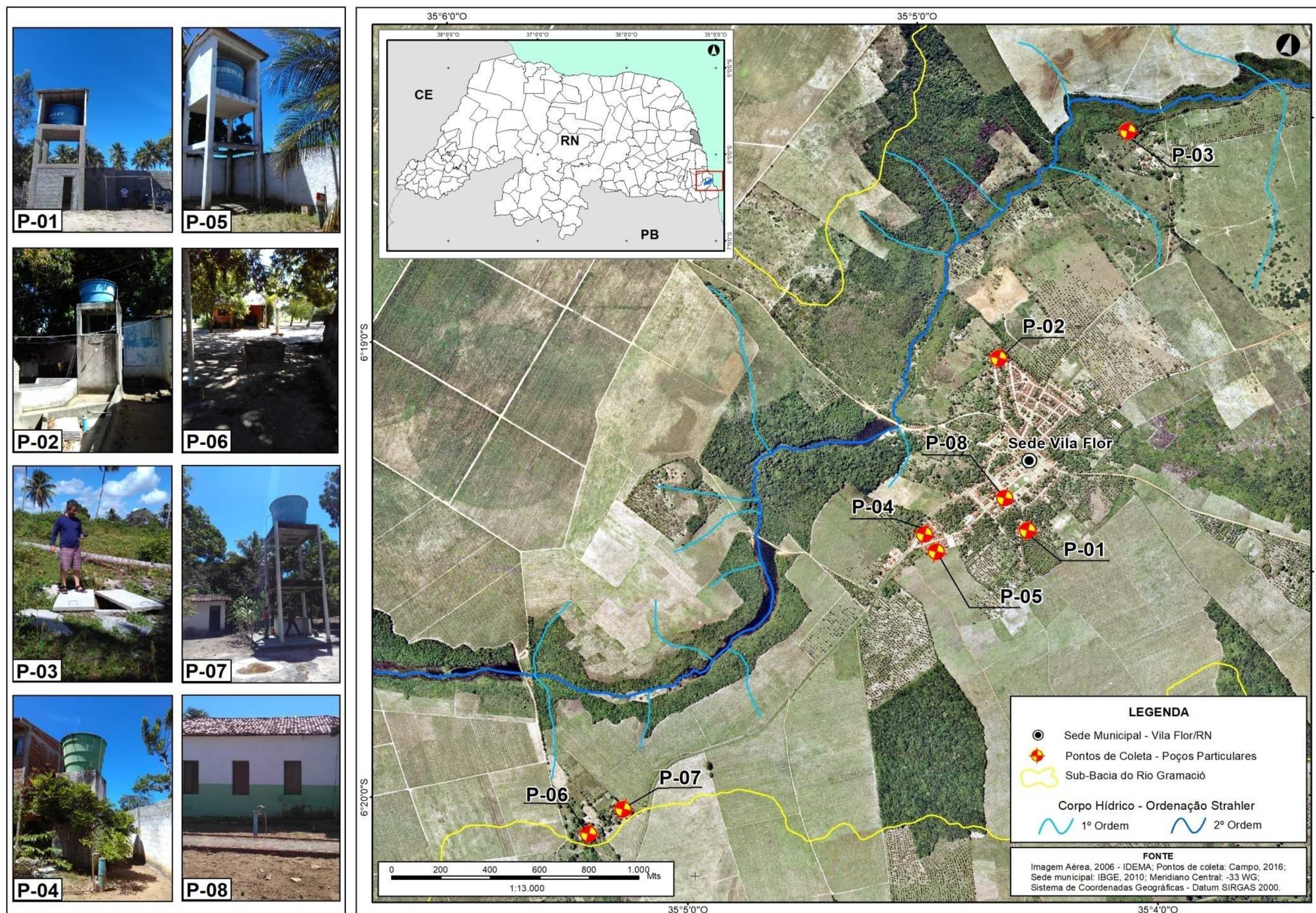


Figura 54 - Localização dos pontos de amostragem de água dos poços particulares. Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

7.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS E OS LIMITES ESTABELECIDOS PELA LEGISLAÇÃO VIGENTE

O sub-capítulo tem por finalidade apresentar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras de água superficial e subterrânea e seus limites de qualidade conforme preconiza a legislação vigente.

A tabela 22 lista os parâmetros, as técnicas analíticas realizadas pelo laboratório NAAE e os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 e Portaria 2.914/2011.

Tabela 22 - Parâmetros e seus limites analisados pelo NAAE referentes às amostras de água superficial e subterrânea.

PARÂMETROS	Técnicas Analíticas	Corpo Hídrico Superficial - Rio		Corpo Hídrico Subterrâneo –Poço	
		CONAMA 357/2005	Limite	PORTARIA 2.914/2011	Limite
Amônia (mg/L NH_3)	Titulometria	-	-	X	1,5
Nitrito (mg/L NO_2^-)	Colorimetria	-	-	X	1
Nitrato (mg/L NO_3^-)	Colorimetria	-	-	X	10
DBO5 (mg/L)	Winkler - Azida	X	3	-	-
DQO(mg/L)	Refluxo Fechado	X	-	-	-
Fósforo total (mg/L)	Colorimetria	X	0,050*	-	-
Sódio (mg/L)	Fotometria de chama	-	-	X	200
Ferro (mg/L Fe^{+3})	Colorimetria	-	-	X	0,3
Cloreto Total (mg/L Cl)	Colorimetria	X	250	-	-
Nitrogênio Amoniacal Total (mg/L N)	Colorimetria	X	**	-	-
Dureza Total (mg/L CaCO_3)	Titulometria	-	-	X	500
Salinidade	Potenciometria	X	-	-	-
Cor Verdadeira	Colorimetria	X	75	-	-
Coliformes Fecais (Escherichia Coli) (UFC/100 mL)	Tubos múltiplos	X	***	-	-

Fonte: Resolução CONAMA nº 357/2005 e Portaria do Ministério da Saúde 2.914/2011.

*Em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico.

** O limite vai depender do valor do pH, conforme:

3,7mg/L N, para $\text{pH} \leq 7,5$

2,0 mg/L N, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$

1,0 mg/L N, para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$

0,5 mg/L N, para $\text{pH} > 8,5$

***Coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

Na tabela 23 são apresentados os parâmetros e seus limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 e Portaria 2.914/2011, onde as amostras de água do rio e dos poços foram analisadas pelo laboratório de análises da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), localizado na Estação de Tratamento de Água do Jiqui.

Tabela 23 - Parâmetros, técnicas analíticas e seus limites, conforme a legislação vigente, analisados pelo laboratório de análises da CAERN referentes às amostras de água superficial e subterrânea.

PARÂMETROS	Técnicas Analíticas	Corpo Hídrico Superficial - Rio		Corpo Hídrico Subterrâneo - Poço	
		CONAMA 357/2005	Limite	PORTARIA 2.914/2011	Limite
Cor Aparente	Titulometria	-	-	X	15
pH	Potenciometria	X	6-9	X	6-9
Coliformes Fecais Presença/Ausência (Escherichia Coli)	Substrato Cromogênico	X	-	X	Ausência em 100 ml
Coliformes Totais Presença/Ausência	Substrato Cromogênico	X	**	X	Ausência em 100 ml em 95% das amostras examinadas no mês *
Turbidez (UNT)	Turbidimetria	X	100	X	5

Fonte: Resolução CONAMA nº 357/2005 e Portaria do Ministério da Saúde 2.914/2011.

*Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo.

** Controle

Os parâmetros temperatura e Oxigênio Dissolvido (OD) foram obtidos *in loco* (Figura 55), através do equipamento de medição de oxigênio e temperatura da marca HANNA - modelo OHI 9146.



Figura 55 - Medição de oxigênio dissolvido e temperatura no ponto de amostragem R-02. Fonte: Acervo do autor, 2016.

A tabela 24 apresenta os parâmetros analisados pelo pesquisador e o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para o parâmetro Oxigênio Dissolvido (OD), conforme estabelecido na legislação vigente.

Tabela 24 - Parâmetros analisados pelo pesquisador referentes as amostras de água do rio, a luz da legislação vigente.

PARÂMETROS	Técnicas Analíticas	Corpo Hídrico Superficial - Rio	
		CONAMA 357/2005	Limite
Oxigênio Dissolvido (OD) – mg/L O ²	Oxímetro	X	>5
Temperatura - °C	Oxímetro	-	-

Fonte: Resolução CONAMA nº 357/2005.

O comportamento da qualidade da água reflete os diversos processos que controlam suas características, muitas vezes motivado por quaisquer alterações decorrentes de ações antrópicas, como também, pela característica natural da sub-bacia hidrográfica.

Desta forma, os sub-capítulos a seguir irão tratar acerca dos resultados das análises das amostras das águas superficial e subterrânea e os limites estabelecidos pela legislação vigente, a fim de identificar as possíveis interferências decorrentes dos usos e

cobertura, como também, das características naturais da sub-bacia que podem estar alterando a sua qualidade.

7.1.1 Qualidade das águas superficiais - rio Gramació, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005

A Resolução CONAMA nº 357/2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e outras providências.

A análise da qualidade da água do corpo hídrico superficial nesse estudo considerou o resultado laboratorial de cada parâmetro em cada um dos 6 pontos de coleta, durante a campanha de amostragem, como também, o comportamento do parâmetro nos pontos de coleta, considerando a mesma data em que foi coletada a amostra, a fim de compreender o comportamento do parâmetro ao longo do rio Gramació.

Vale ressaltar que, para o parâmetro temperatura não há limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005, porém foi utilizado na pesquisa como indicador no comportamento dos demais parâmetros, por exemplo, o oxigênio dissolvido é influenciado pela temperatura, onde não houve variações abruptas nos resultados de temperatura durante o período de amostragem.

Já o parâmetro salinidade a resolução estabelece valor igual ou inferior a 0,5‰ para águas doces, desta forma os resultados das análises desse parâmetro foram abaixo do limite mínimo quantificável de 0,10 g/L, ou seja, o último ponto de coleta R-07, não sofre influência das marés altas, onde os níveis de salinidade se manteve abaixo do limite estabelecido pela legislação.

A análise da qualidade das águas superficiais inicia a partir do ponto R-01, através dos parâmetros: Oxigênio Dissolvido, Cor Verdadeira, Turbidez, Nitrogênio Amoniacal Total, DBO⁵, Fósforo Total e Cloreto Total, onde apresentaram comportamento dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente no período de agosto/2016 a julho/2017, porém somente o parâmetro pH apresentou valor abaixo da faixa entre 6-9 nos meses de outubro/2016 e julho/2017.

A interação das águas de chuva com os materiais constituintes do solo, através do escoamento superficial, podem alterar os valores de pH. Nesse sentido, a média de precipitação registrada no período de outubro/2016 e julho/2017 foi de 134,03 mm.

Os parâmetros que apresentaram variação nos resultados durante os 12 meses de coleta foram Coliformes Totais (Presença/Ausência) e Fecais (Presença/Ausência) para *Escherichia Coli*.

Com relação ao parâmetro Coliformes Totais, no ponto de coleta R-01, a sua presença foi confirmada em 100% das análises realizadas ao longo da campanha. Porém, a sua presença não remete a contaminação fecal, pois podem indicar organismos de vida livre e não intestinal (SPERLING, 2014).

Entre as bactérias do grupo coliformes fecais, a *Escherichia Coli*, é a única que dá garantia de contaminação de origem exclusivamente fecal, oriundos de animais de sangue quente. Nesse sentido, o gráfico 4, apresenta o comportamento do parâmetro ao longo dos 12 meses de coleta, onde 41,66% das análises confirmaram presença dessa bactéria, entretanto não dá garantia de que a contaminação seja humana, pois pode ser encontrada em fezes de outros animais de sangue quente. Desta forma, ressalta-se que a montante do ponto de coleta R-01, como também, em seu entorno não há presença humana, ou seja, edificações, mas é comum a presença de animais, como cavalos a montante do ponto citado.

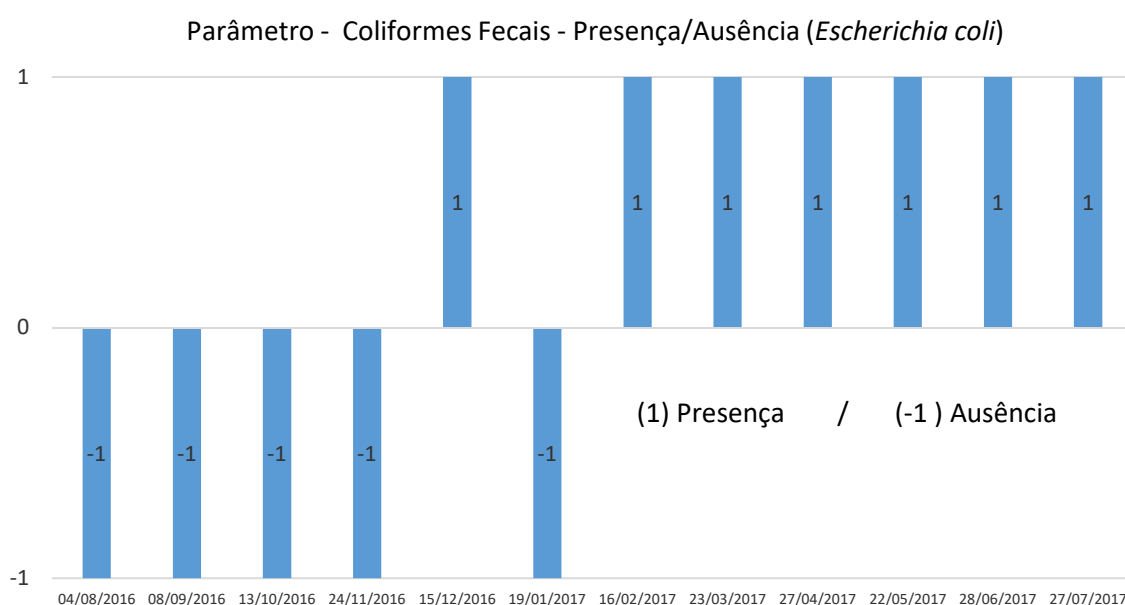


Gráfico 4 - Comportamento do parâmetro Coliformes Fecais (Presença/Ausência) da bactéria *Escherichia Coli*, no ponto de coleta R-01, durante o período de amostragem.

Seguindo a jusante do rio Gramació, no ponto R-02, o resultado dos parâmetros: Oxigênio Dissolvido, Turbidez, pH, Nitrogênio Amoniacal Total, DBO⁵, Fósforo Total e Cloreto Total mantiveram-se dentro dos limites estabelecidos na resolução CONAMA nº 357/2005. Porém, com relação ao parâmetro Cor Verdadeira, o resultado da análise no dia 15/12/16 foi superior ao limite de 75 Pt/L, com 84,13 Pt/L (Gráfico 5). O resultado elevado está relacionado com a concentração de substâncias solúveis no ponto de coleta, em razão do baixo nível de água durante o período seco.

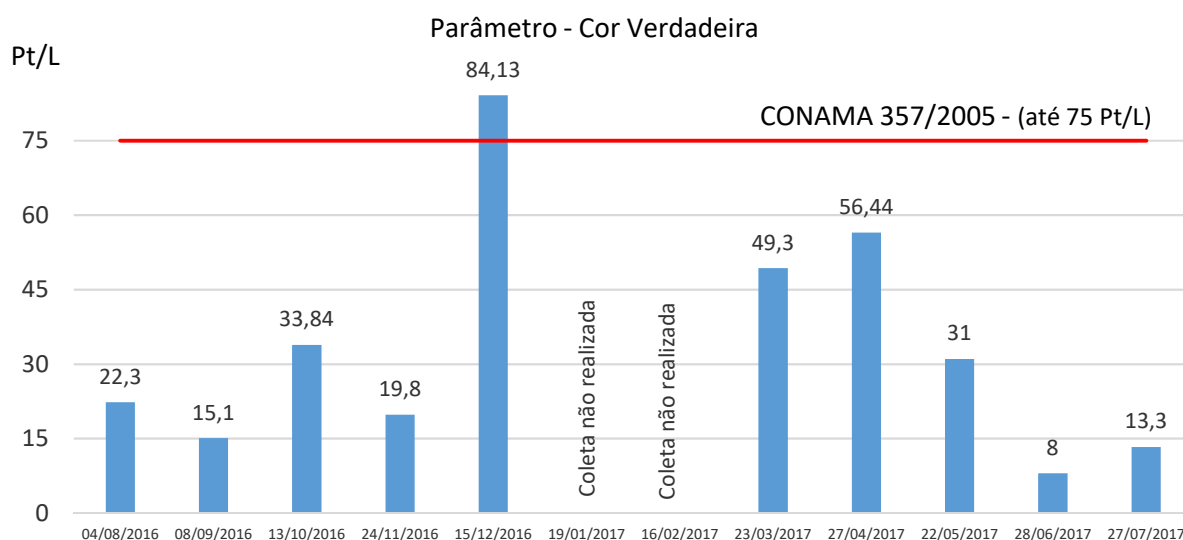


Gráfico 5 - Comportamento do parâmetro Cor Verdadeira no ponto de coleta R-02, durante o período de amostragem.

O baixo volume de água no ponto R-02 (Figura 56) inviabilizou as coletas de alíquota de água nos dias 19/01 e 16/02/17.



Figura 56 - Ausência de água em 19/01 no ponto de coleta R-02, período de estação seca. Fonte: Acervo do autor, 2017.

O parâmetro pH, nos dias 08/09/16, 13/10/16 e 15/12/16, apresentou resultados que estiveram fora da faixa entre 6-9, abaixo do limite da resolução.

Com relação ao parâmetro Coliformes Totais, no ponto de coleta R-02, a presença de coliformes totais foi confirmada em 80% das 10 amostras analisadas ao longo da campanha (Gráfico 6).

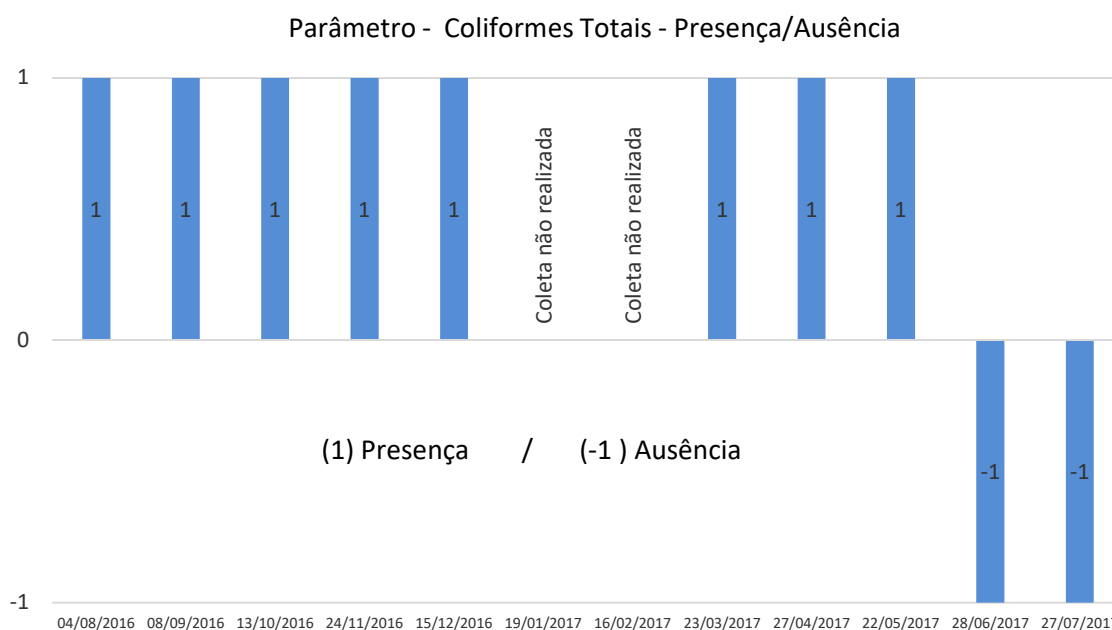


Gráfico 6 - Comportamento de Coliformes Totais no ponto de coleta R-02, durante o período de amostragem.

Já os coliformes fecais (*Escherichia Coli*), nas 10 coletas realizadas durante a campanha, 50% tiveram presença da bactéria, oscilando os resultados entre os meses ao longo do período de amostragem (Gráfico 7).

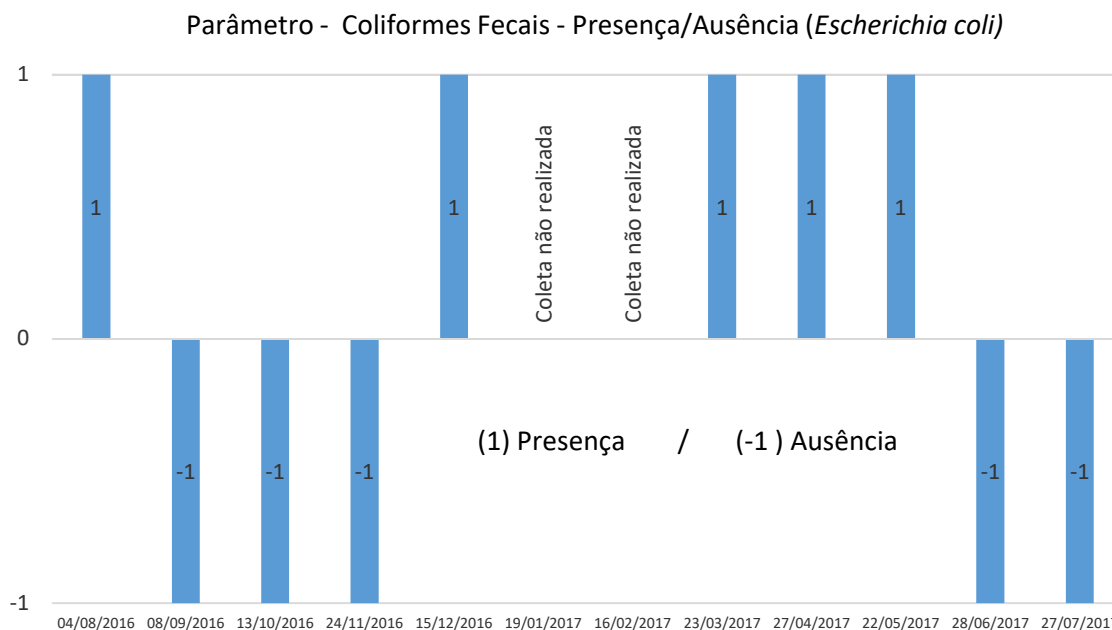


Gráfico 7 - Comportamento da Presença/Ausência de *Escherichia Coli*, no ponto de coleta R-02, durante o período de amostragem.

Um dos malefícios a saúde humana ao ingerir água com coliformes fecais (*Escherichia Coli*), é a gastroenterite sendo a diarreia como principal sintoma da doença (SPERLING, 2014).

No trecho intermediário do rio Gramació, no ponto de coleta R-03, o comportamento dos resultados dos parâmetros: Oxigênio Dissolvido, Cor Verdadeira, Turbidez, Nitrogênio Amoniacal Total e DBO⁵ demonstraram normalidade durante o período de amostragem, mantendo-se dentro dos limites estabelecidos na resolução CONAMA nº 357/2005.

Quanto ao parâmetro pH ficou abaixo da faixa entre 6-9, nos dias 13/10/16 e 27/07/17, como também, o Fósforo Total apresentou “picos” nos resultados durante os dias 04/08/16 e 27/04/17 com resultados de 0,13 e 0,29, respectivamente, ficando acima do limite de 0,050 mg/L, conforme preconiza a legislação vigente (Gráfico 8).

Conforme Sperling (2014), a determinação de Fósforo Total compreende todas as suas formas (ortofosfato, polifosfato e orgânico), originando-se da dissolução de

compostos do solo e da decomposição de matéria orgânica, constituindo um fator limitante no desenvolvimento de algas e plantas no meio aquático, sendo um dos principais nutrientes para os processos biológicos, onde sua presença pode ter origem de despejos domésticos, detergentes, fertilizantes e excrementos de animais.

Os resultados elevados podem ser justificados pelo arraste de fertilizantes utilizados no plantio de cana-de-açúcar para o corpo hídrico através do sistema de drenagem, pois no mês de abril de 2017, o acumulado de chuvas foi de 317,3 mm.

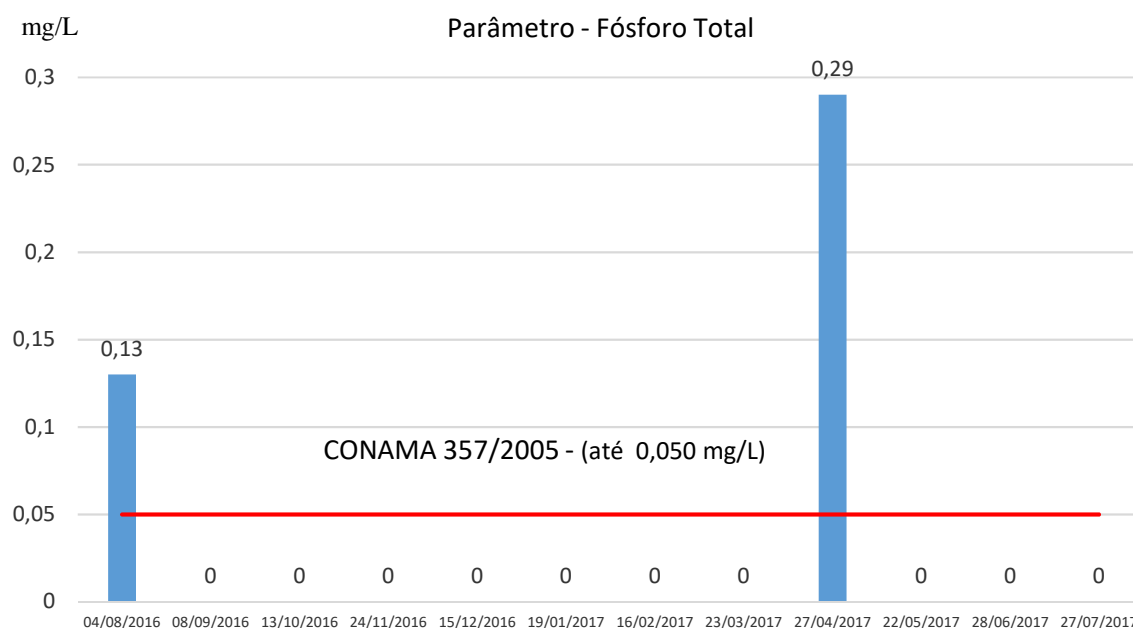


Gráfico 8 - Comportamento do parâmetro Fósforo Total no ponto de coleta R-03, durante o período de amostragem.

Já os resultados para Coliformes Totais, no ponto de coleta R-03, a sua presença foi confirmada em 100% das análises realizadas ao longo da campanha. Este ponto de coleta trata-se de um local freqüentado por pessoas que o utilizam como balneário, ou seja, ocorre contato primário com a água. Assim, a confirmação da presença da bactéria em todas as análises remete à existência de um ponto de lançamento de esgotos domésticos a montante do ponto R-03, pois a análise a seguir refere-se à presença ou ausência da bactéria *Escherichia Coli* no mesmo ponto de coleta.

Segundo a FUNASA (2013), os microorganismos patogênicos relacionados às doenças de veiculação hídrica podem ter origem bacteriana, viral ou parasitária.

Como indicadores de contaminação fecal, são eleitas como bactérias de referência as do grupo coliforme, sendo a principal bactéria representante desse grupo a *Escherichia Coli*, de origem exclusivamente de fezes humanas e outros animais de sangue quente e são facilmente detectáveis e quantificáveis em qualquer tipo de água, como também, sua concentração na água contaminada possui uma relação direta com o grau de contaminação fecal (FUNASA, 2013).

Nesse contexto, a classificação ambiental das formas de transmissão relacionadas com a água, segundo Cairncros e Feachem (1990); Heller (1997) apud Sperling (2014) é agrupada em quatro categorias: transmissão hídrica; transmissão relacionada com a higiene; transmissão baseada na água e transmissão por inseto vetor.

A transmissão hídrica ou veiculação hídrica, categoria de maior importância nessa pesquisa, ocorre quando o organismo patogênico de origem fecal encontra-se presente nas fontes de águas que é ingerida, ou seja, se dá por meio feco-oral, causando febre, diarreia e disenterias bacterianas como a cólera. (SPERLING, 2014).

Nesse sentido, no ponto R-03, a presença da bactéria *Escherichia Coli* foi confirmada em 83,34% das análises, ao longo dos 12 meses de coleta (Gráfico 9).

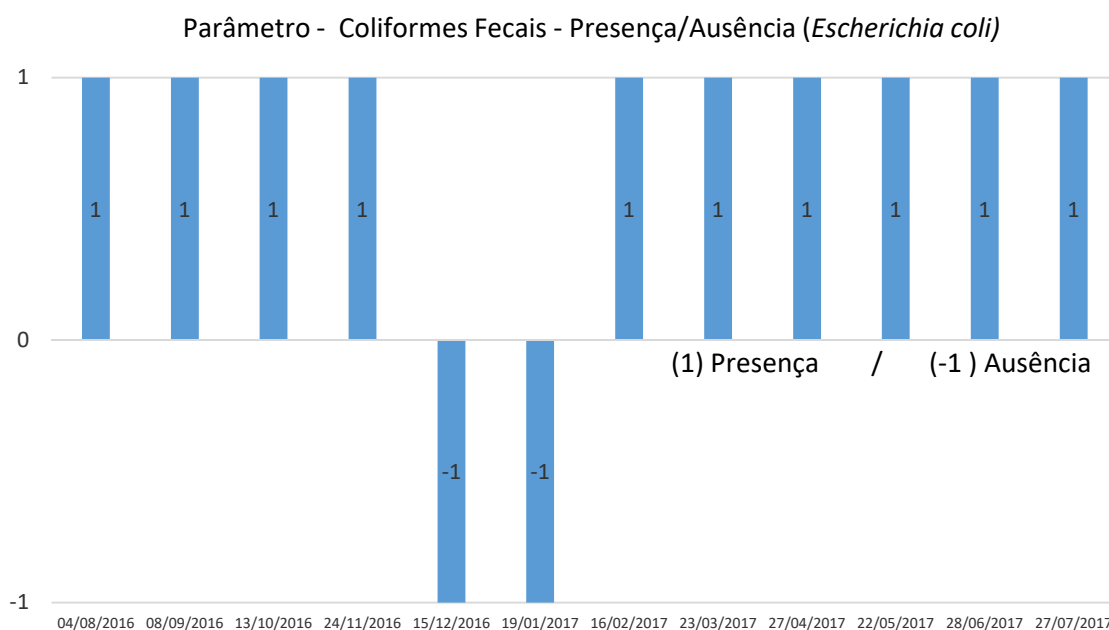


Gráfico 9 - Comportamento do parâmetro Coliformes Fecais (*Escherichia Coli*) Presença/Ausência, no ponto de coleta R-03, durante o período de amostragem.

No ponto R-03, além de monitorar a presença/ausência da bactéria *Escherichia Coli*, buscou-se quantificar a sua presença. Pois, entre as bactérias do grupo coliformes fecais, a *Escherichia Coli* é a principal bactéria do grupo, sendo abundante nas fezes humanas e de animais.

Diferentemente dos coliformes totais e fecais, a *Escherichia Coli* é a única que dá garantia de contaminação de origem exclusivamente fecal, porém não quer dizer que a contaminação seja humana (SPERLING, 2015), porém a infecção pela bactéria pode causar diarreias, como também, levar a doenças mais graves, como gastroenterite e infecção urinária.

Nesse sentido, o ponto de coleta R-03 sendo utilizado pelos moradores como balneário a legislação que trata sobre os critérios de balneabilidade para as águas doces, salobras e salinas destinadas à recreação de contato primário é a CONAMA nº 274/2000, onde as águas são classificadas nas categorias: própria e imprópria, conforme tabela 25.

Tabela 25 - Classificação da balneabilidade, conforme a Resolução CONAMA nº 274/2000.

CLASSIFICAÇÃO	<i>Escherichia Coli</i>		
PRÓPRIA*	Excelente	Muito Boa	Satisfatória
	200 por 100 ml	400 por 100 ml	800 por 100 ml
IMPRÓPRIA**	2000 por 100 ml		

Fonte: Adaptado do CONAMA nº 274/2000.

*quando 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores.

**valor obtido na última amostragem for superior a 2000 por 100 ml.

Desta forma, na CONAMA nº 274/2000, a classificação Própria e suas derivações levam em consideração os resultados das amostras coletadas semanalmente e, Imprópria quando a última amostragem obtiver valor superior para o indicador específico. Contudo, nesse estudo, por razões financeiras e de logística, as amostras foram realizadas mensalmente, não sendo levando em consideração o critério para a classificação Imprópria, no dia 23/03/17 o valor obtido para *Escherichia Coli* foi de 3500 para 100 ml, conforme o gráfico 10.

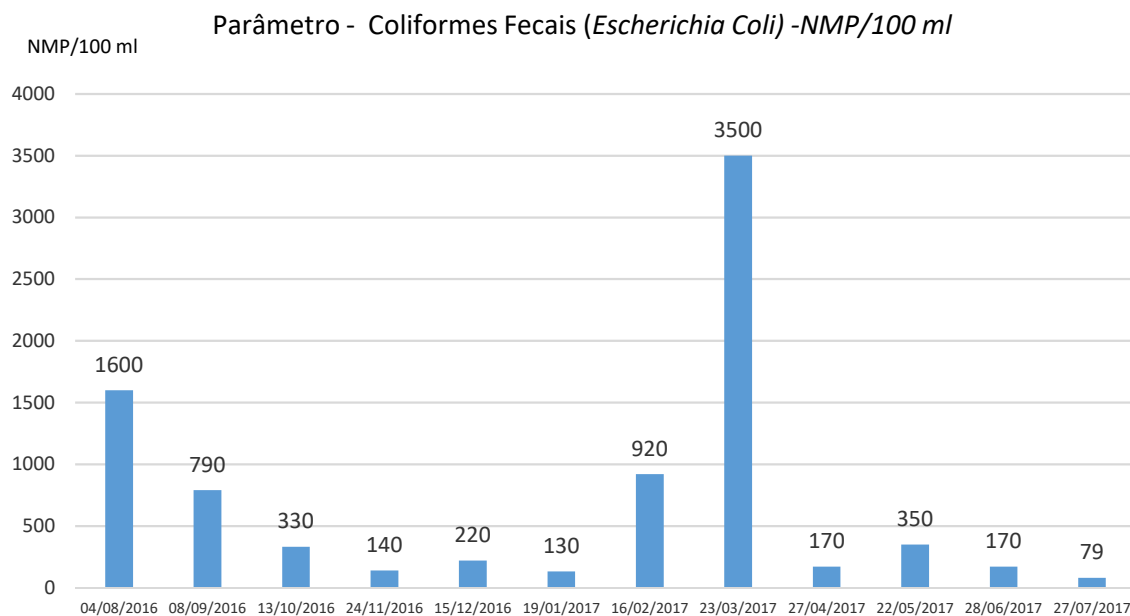


Gráfico 10 - Quantificação da bactéria *Escherichia Coli*, no ponto de coleta R-03, durante o período de amostragem.

A montante do ponto de coleta R-04, existe uma lavanderia rústica utilizada por alguns moradores para lavar roupas e utensílios de cozinha. A lavanderia foi construída aproveitando o fluxo concentrado das águas oriundas das tubulações instaladas abaixo da estrada que servem de passagem para as águas do rio Gramació (Figura 57).



Figura 57 - Lavanderia rústica utilizada pelos moradores, localizada à montante do ponto R-04. Fonte: Acervo do autor, 2016.

Junto a estrutura da lavanderia, existe uma saída do sistema de drenagem pluvial, onde suas águas convergem com as águas da lavanderia (Figura 58).



Figura 58 - Saída das águas do sistema de drenagem no rio Gramació. Fonte: Acervo do autor, 2016.

Nesse sentido, o ponto de coleta R-04 recebe as águas da lavanderia, como também, do sistema de drenagem, onde vale destacar que a sede municipal de Vila Flor é ausente de sistema de esgotamento sanitário. Com isso, parte das águas cinzas das residências são direcionadas para o rio através do sistema de drenagem, como pode ser observado na figura 58 o ponto de chegada da drenagem no rio Gramació.

Os resultados para Coliformes Totais, no ponto de coleta R-04, confirmaram 100% de presença nas amostras analisadas. Já para Coliformes Fecais, foram 83,34% com *Escherichia Coli*, ao longo dos 12 meses de coleta (Gráfico 11).

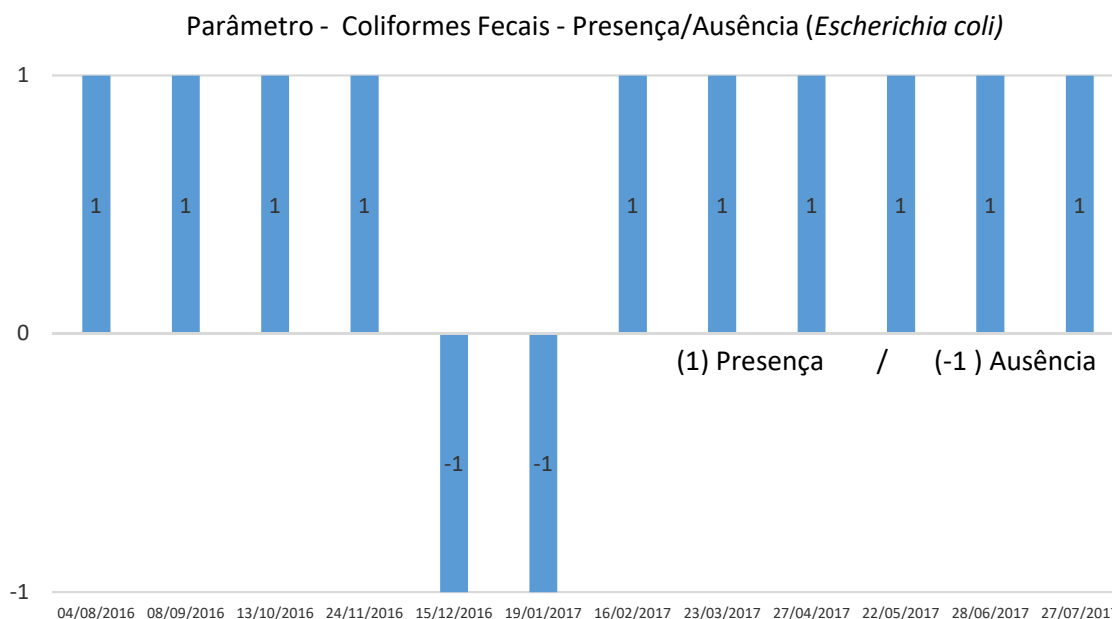


Gráfico 11 - Comportamento do parâmetro Coliformes Fecais (*Escherichia Coli*) Presença/Ausência, no ponto de coleta R-04, durante o período de amostragem.

No penúltimo ponto de amostragem, o R-05 os resultados dos parâmetros: Turbidez, Nitrogênio Amoniacal Total, Fósforo Total, Cloreto Total e DBO⁵ mantiveram-se dentro dos limites estabelecidos na resolução CONAMA nº 357/2005, durante o período de amostragem.

Entretanto, os parâmetros pH, Oxigênio Dissolvido, Cor Verdadeira, Coliformes Totais e Fecais (*Escherichia Coli*) apresentaram resultados fora do estabelecido na Resolução.

O parâmetro pH apresentou resultado abaixo da faixa entre 6-9, somente em 27/07/17. Já Cor Verdadeira, no dia 19/01/17, período seco, o resultado foi de 146,04 Pt/L, porém diferentemente dos pontos de coleta R-02 e R-03, o volume d'água no momento permitiu realizar a coleta de uma alíquota. O “pico” no resultado remete a substâncias solúveis presentes na água decorrente de algum processo de revolvimento do solo aluvial ou retirada de vegetação aquática (Gráfico 12).

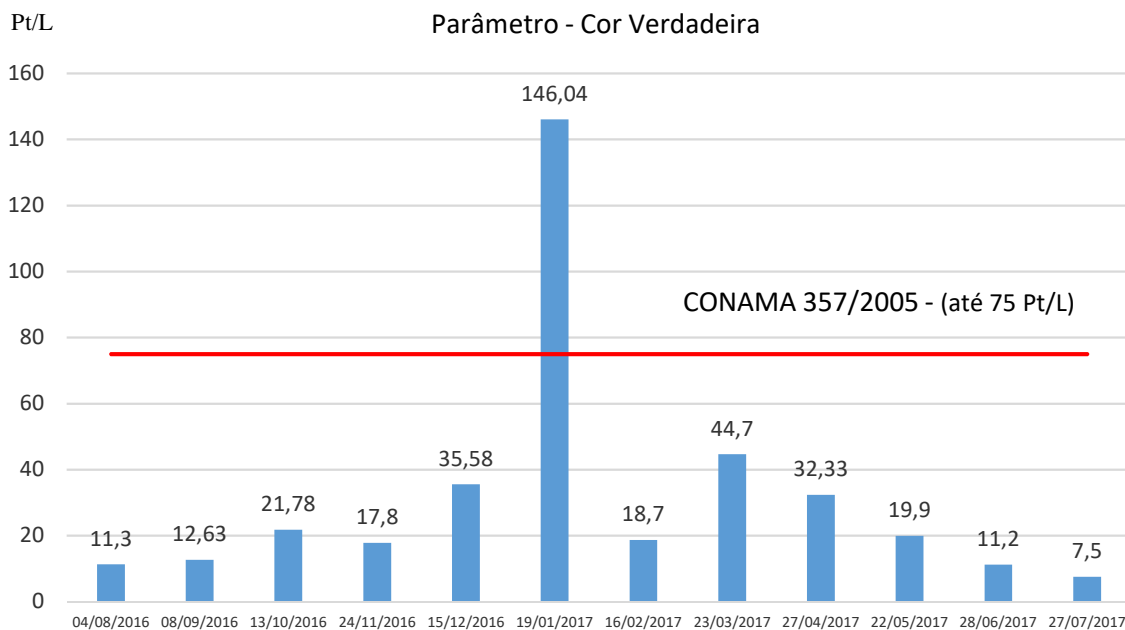


Gráfico 12 - Comportamento do parâmetro Cor Verdadeira, no ponto de coleta R-05, durante o período de amostragem.

Já o parâmetro Oxigênio Dissolvido apresentou valores abaixo de 5 mg/L de O₂, durante todo o período de amostragem, sendo o menor valor registrado em 15/12/16, com 1,7 mg/L de O₂ (Gráfico 13). Esse parâmetro se traduz no principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos, onde valores inferiores são indicativos da presença de matéria orgânica.

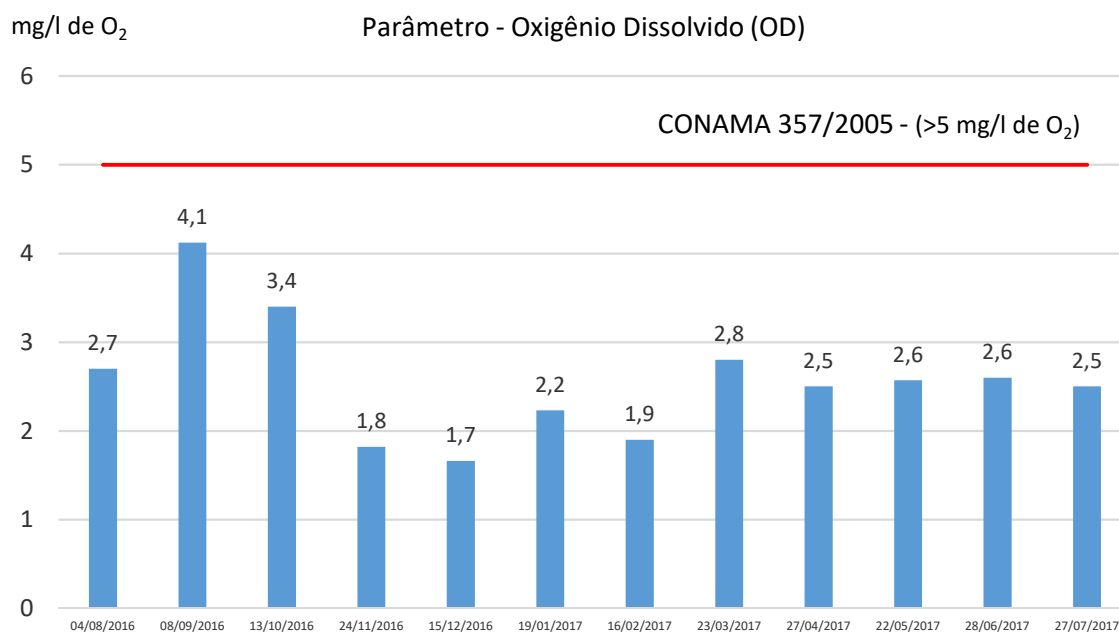


Gráfico 13 - Comportamento do parâmetro Oxigênio Dissolvido (O₂), no ponto de coleta R-05, durante o período de amostragem.

Sperling (2014), explica que a presença de nitrogênio no meio líquido nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal (amônia), nitrito e nitrato são potencialmente indutores de consumo do oxigênio durante o processo de nitrificação da matéria nitrogenada.

Com relação às análises para Coliformes Totais no ponto R-05, foram confirmadas 100% de presença nas amostras, porém para a bactéria *Escherichia Coli*, foram 91,66% de presença durante os 12 meses de coleta (Gráfico 14). Sua presença ininterrupta ao longo do período de amostragem remete a lançamentos de esgotos domésticos de forma contínua a montante do ponto R-05.

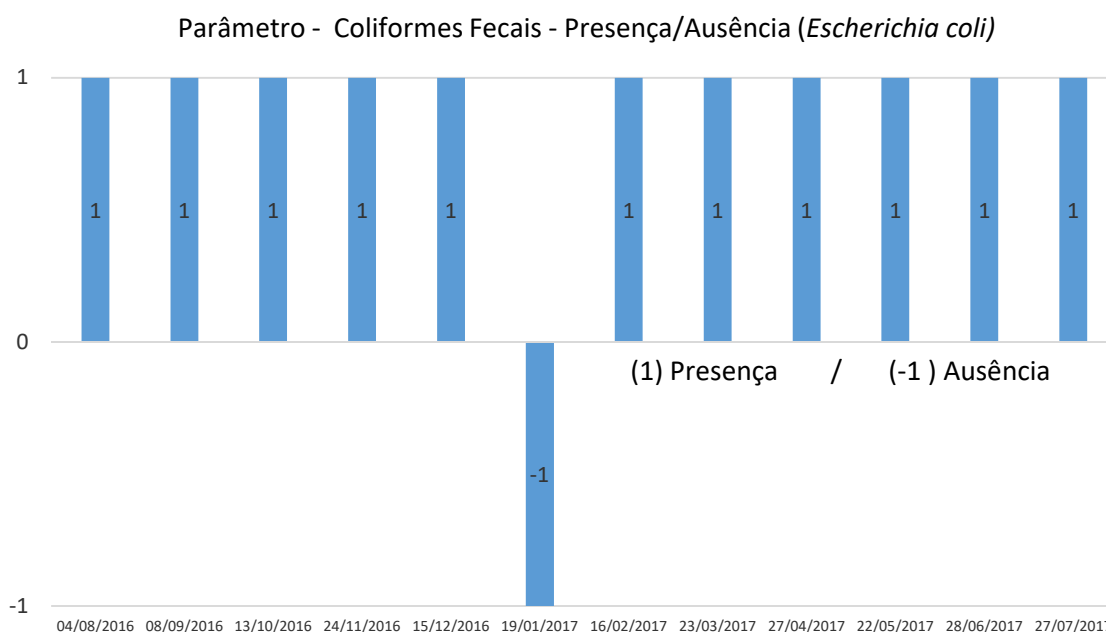


Gráfico 14 - Comportamento da bactéria *Escherichia Coli*, no ponto de coleta R-05, durante o período de amostragem.

Os resultados dos parâmetros analisados do último ponto de amostragem, o R-06 a jusante do rio Gramació, foi similar ao ponto R-04, porém a Cor Verdadeira se destacou entre os parâmetros analisados da mesma forma do ponto de coleta R-05, com valor acima de 146 Pt/L registrado em 19/01/17 (Gráfico 15).

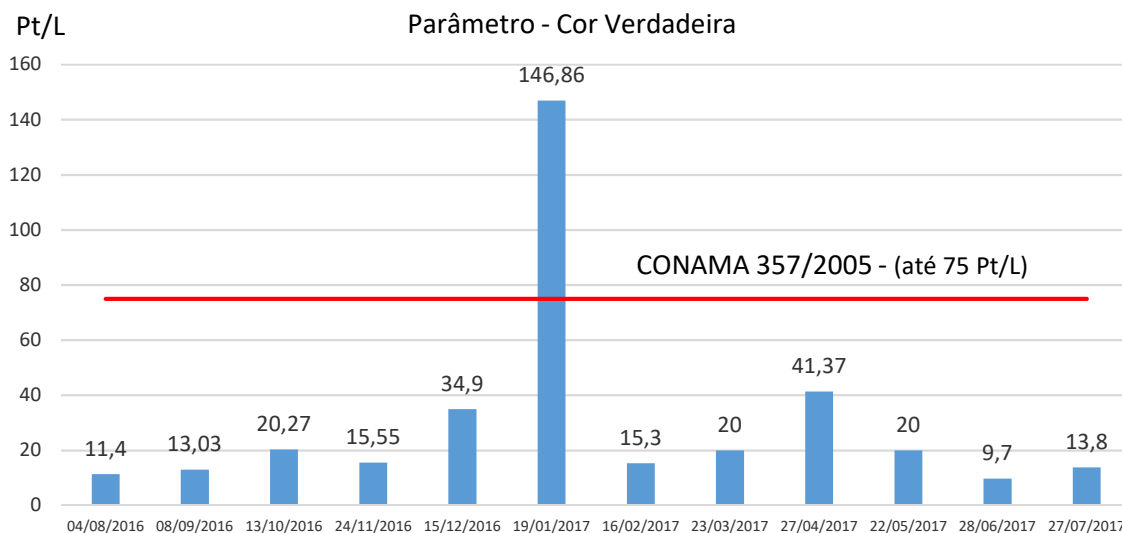


Gráfico 15 - Comportamento do parâmetro Cor Verdadeira, no ponto de coleta R-06, durante o período de amostragem.

Já os resultados do parâmetro Oxigênio Dissolvido (OD), mantiveram abaixo de 5 mg/L de O_2 em 100% das amostras, sendo o menor valor registrado em 15/12/16, de 1,66 mg/L de O_2 (Gráfico 16). A concentração de oxigênio (O_2) na água é essencial para todas as formas de vida aquática, como também, para os organismos aeróbios, durante a estabilização da matéria orgânica.

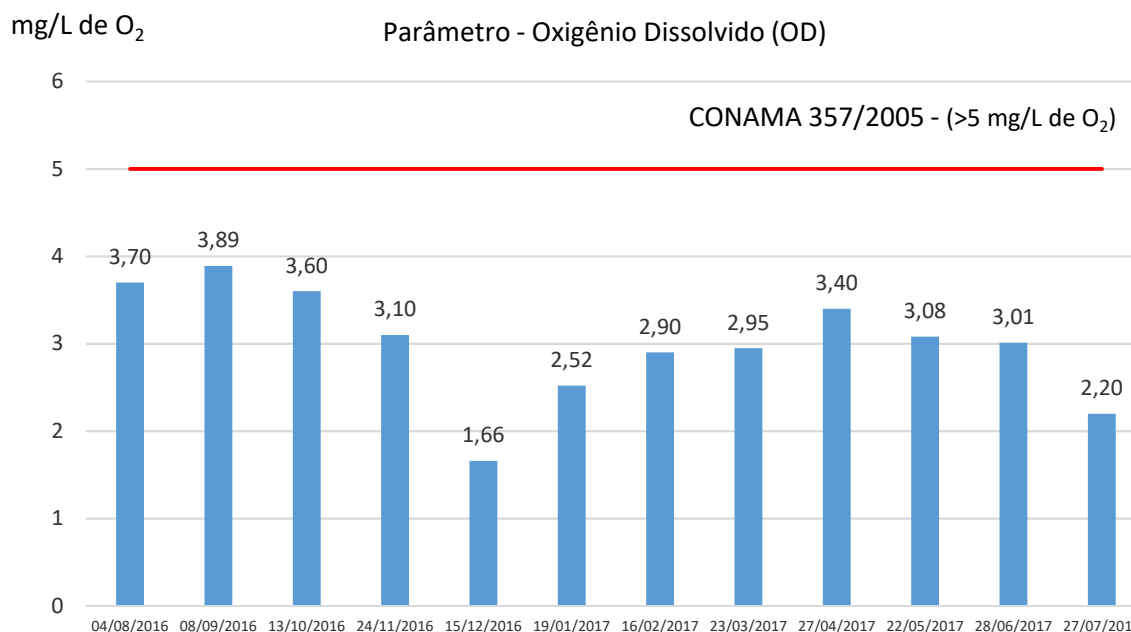


Gráfico 16 - Comportamento do parâmetro Oxigênio Dissolvido (O_2), no ponto de coleta R-06, durante o período de amostragem.

Já os resultados para Coliformes Totais e Fecais (*Escherichia Coli*) (Gráfico 17) no ponto R-06 ambos tiveram 91,66% de presença nas amostras analisadas.

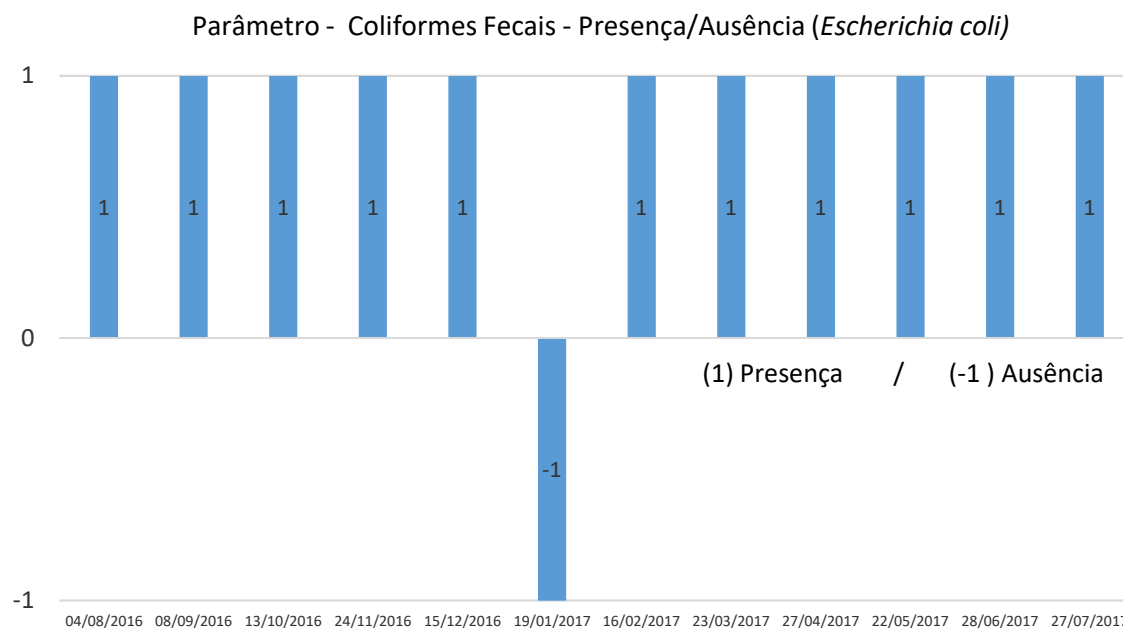


Gráfico 17 - Comportamento do parâmetro Coliformes Fecais (*Escherichia Coli*), no ponto de coleta R-06, durante o período de amostragem.

Dos 11 parâmetros físico-químicos analisados, confrontando-os com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, os parâmetros pH, Cor Verdadeira, Coliformes Totais e Fecais (*Escherichia Coli*) demonstraram comportamento “anormal” sobre o que preconiza a Resolução. Com relação ao parâmetro Cor Verdadeira as alterações nos resultados podem estar associadas a eventos de arraste de material solúvel através dos canais de drenagem durante o período chuvoso no ponto R-03, em 15/12/16 e revolvimento de solo nos pontos R-05 e R-06, em 19/01/17.

Já o parâmetro Oxigênio Dissolvido os resultados obtidos nos pontos de coleta R-05 e R-06 foram abaixo do limite estabelecido na Resolução, tais resultados podem estar relacionados com o lançamento de carga orgânica no rio Gramació, ou seja, de esgotos domésticos no corpo hídrico, a montante dos pontos de coleta citados, o que acaba consumindo o oxigênio pela matéria orgânica.

Com relação ao processo de consumo de oxigênio no corpo hídrico, o mesmo ocorre ao longo do tempo e da direção longitudinal do curso d'água, cujos estágios de sucessão presentes nesse processo são fisicamente identificados por trechos, que são

definidos como zonas de autodepuração e divididas em: zona de degradação, zona de decomposição ativa, zona de recuperação e zona de águas limpas, conforme figura 59.

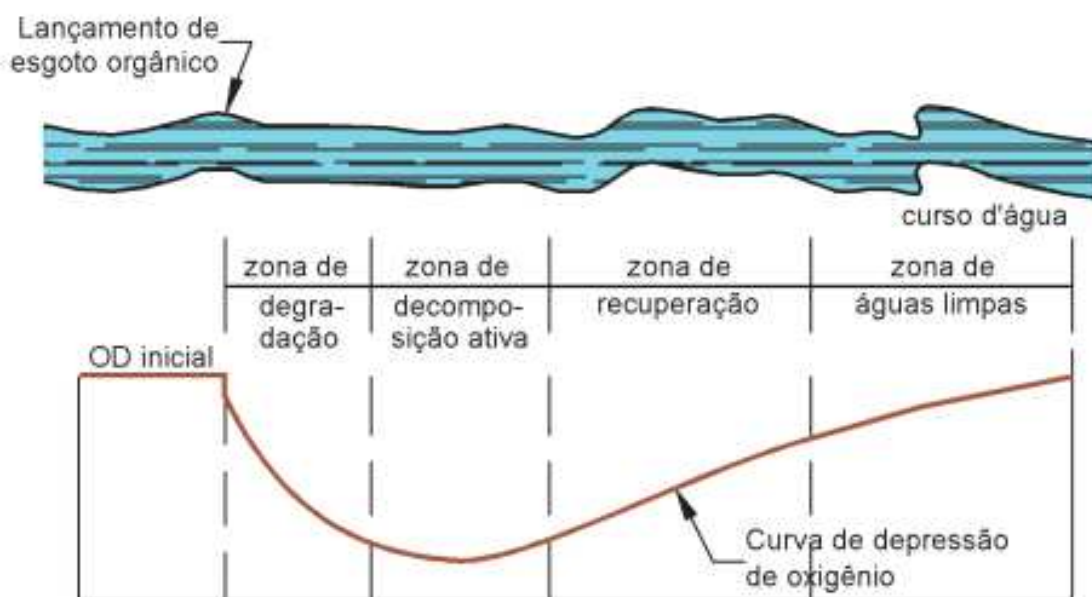


Figura 59 - Modelo do consumo de oxigênio em corpo hídrico. Fonte: Adaptado de Mota, 1995.

De acordo com Sperling (1996), a autodepuração pode ser compreendida como um fenômeno de sucessão ecológica, onde o restabelecimento do equilíbrio no meio aquático é realizado através de mecanismos decorrentes da associação de vários processos de natureza física, química e biológica.

Já o parâmetro Coliformes Total, de 70 análises realizadas no período de 12 meses, 67 confirmou a presença do parâmetro, valor equivalente a 95,7% das amostras. Já os Coliformes Fecais, confirmaram presença da bactéria *Escherichia Coli* em 81,4% das amostras analisadas no período de amostragem.

Nesse aspecto, ao observar o comportamento dos resultados para *Escherichia Coli*, percebe-se que nos pontos de coleta R-01 e R-02, sua presença coincide com o período chuvoso (Abril a Julho), uma vez que nesse período ocorre o escoamento de sedimentos juntamente com excretas de animais de sangue quente para o leito do rio.

Porém, ao analisar os resultados a partir do ponto de coleta R-03 até o R-06, trecho que compreende a área urbanizada da sede municipal de Vila Flor, a bactéria *Escherichia Coli* é confirmada praticamente em todos os meses, independentemente do período, chuvoso ou seco.

Desta forma, considerando as variações dos resultados dos parâmetros Oxigênio Dissolvido, Cor Verdadeira, pH, Coliformes Total e Fecal, durante o período de amostragem, percebeu-se que as alterações nos resultados ocorreram após a área urbanizada do município de Vila Flor, cuja sede é ausente do serviço de coleta e tratamento de esgotos domésticos.

Nesse sentido, a análise da qualidade da água do corpo hídrico considerou também, o comportamento do parâmetro nos pontos de coleta, admitindo a mesma data em que foi realizada a coleta da amostra.

A análise individual do comportamento de cada parâmetro em cada ponto de coleta ao longo do rio Gramació, permite identificar oscilações extremas através dos resultados, identificando em qual ponto a variação esteve fora dos limites estabelecidos pela legislação, e buscar as razões que motivaram esse comportamento, por exemplo, se houve precipitação no dia que foi realizado a coleta ou se a qualidade oscilou em virtude de uma interferência humana.

Com isso, os gráficos 18 e 19, mostram o comportamento do parâmetro Oxigênio Dissolvido nos 6 pontos de amostragem ao longo do corpo hídrico, considerando os períodos chuvoso e seco, a fim de compreender o variação do parâmetro ao longo do rio Gramació.

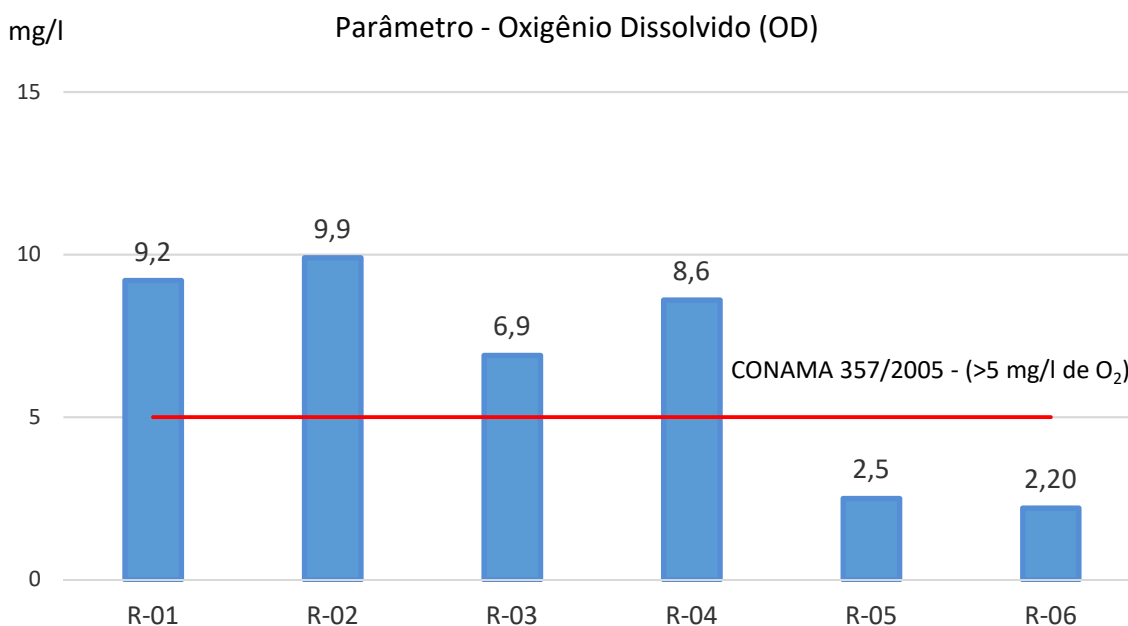


Gráfico 18 - Comportamento do parâmetro Oxigênio Dissolvido, nos 6 pontos de amostragem realizada em 27/07/17, representando o período chuvoso.

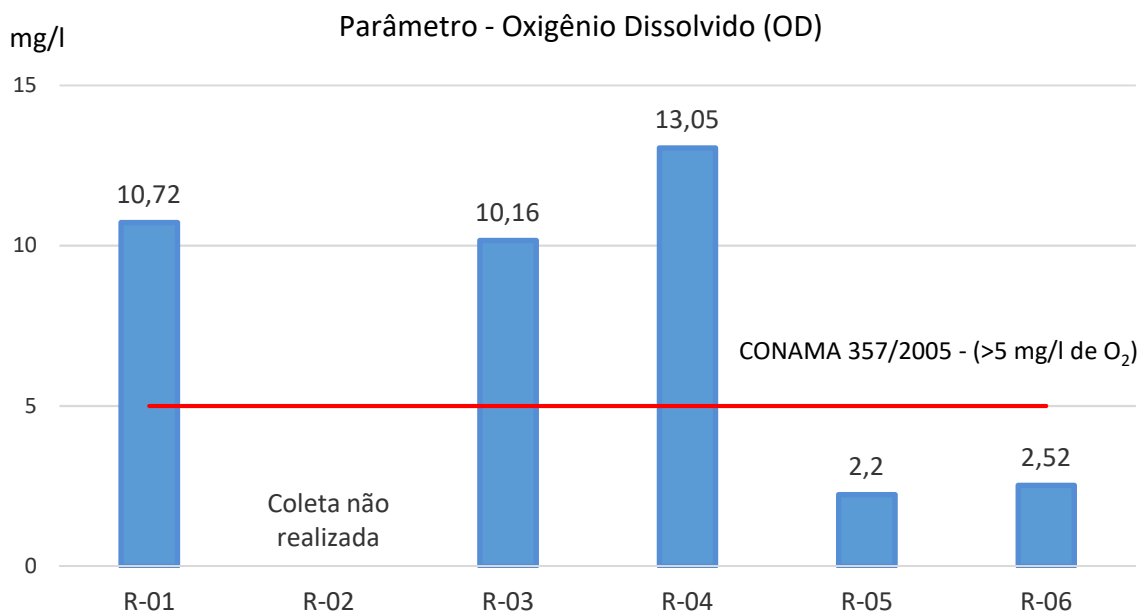


Gráfico 19 - Comportamento do parâmetro Oxigênio Dissolvido, nos 6 pontos de amostragem realizada em 19/01/17, representando o período seco. O ponto R-02 não havia água para efetuar a coleta.

Considerando o mês de julho/2017, como o período chuvoso, com 460 mm de precipitação e o mês de janeiro/2017, como o período seco, com apenas 21,1 mm, percebe-se que independentemente do período, o consumo de oxigênio ocorreu após a área urbana, ponto de coleta R-04, ratificando a análise efetuada anteriormente sobre a qualidade da água do corpo hídrico, considerando o resultado de cada parâmetro em cada um dos 6 pontos de amostragem, durante a campanha de amostragem.

Para tanto, Libânio (2010, p. 116), corrobora afirmando que “o clima constitui no principal fator que afeta as características das águas superficiais, especialmente no que concerne o regime de precipitações”. Nos períodos secos, a vazão do rio é reduzida e conseqüentemente reduz a capacidade de diluição e de assimilação da carga afluenta, onde faz com que eleve a concentração dos poluentes e reduza o teor de oxigênio dissolvido.

Outra observação colocada por Libânio (2010, p. 118), a cerca da redução do oxigênio dissolvido, o lançamento de esgotos domésticos no curso d’água favorece o crescimento de plantas aquáticas e algas, após a morte e decomposição da vegetação leva a “perda do oxigênio dissolvido pelas bactérias aeróbias”.

Em outra perspectiva, o período chuvoso, ao depender do uso do solo na bacia hidrográfica pode favorecer o aporte de nutrientes e sedimentos para o corpo hídrico. O incremento da turbidez no período chuvoso usualmente é mais significativo, como também, no aporte de outros contaminantes orgânicos resultantes da lixiviação de solos agricultáveis (LIBÂNIO, 2010).

Na análise da qualidade da água do rio Gramació, foi observada a redução do oxigênio dissolvido após os pontos de coleta da área urbana do município. De acordo com Libânio (2010, p. 121), “em meados da década de 1980 a *Environmental Protection Agency* (EPA) classificou as águas pluviais como o quarto principal fator de deterioração da qualidade dos cursos d’água”.

Vale ressaltar que o município é totalmente ausente de sistema de coleta e tratamento de esgotos, onde as águas cinzas oriundas das residências são lançadas diretamente na rede de drenagem urbana e direcionadas em grande parte para o rio Gramació, corroborando com a classificação da EPA.

Nesse sentido, os parâmetros que tiveram seus resultados acima e abaixo dos limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2011, foram identificados na figura 60, através das cores azul e vermelha, sendo a azul representando os parâmetros que ao longo do período de amostragem, entre agosto/16 a julho/17, estiveram os resultados abaixo do limite da resolução, ou seja, nos 12 meses de monitoramento, o parâmetro Turbidez, por exemplo, manteve-se dentro do estabelecido pela legislação. Já a cor vermelha, refere-se ao parâmetro que em algum mês teve o resultado acima do limite da resolução.

Assim, através da cartografia é possível observar em quais pontos de amostragem os parâmetros estão apresentando comportamento “anormal” e analisar por meio das características naturais e antrópicas às influências sobre os resultados. Entende-se que as atividades antrópicas decorrentes das formas de uso do solo, como também, a cobertura da terra acaba agravando o processo de degradação do corpo hídrico, conforme demonstrado no capítulo 6.1.

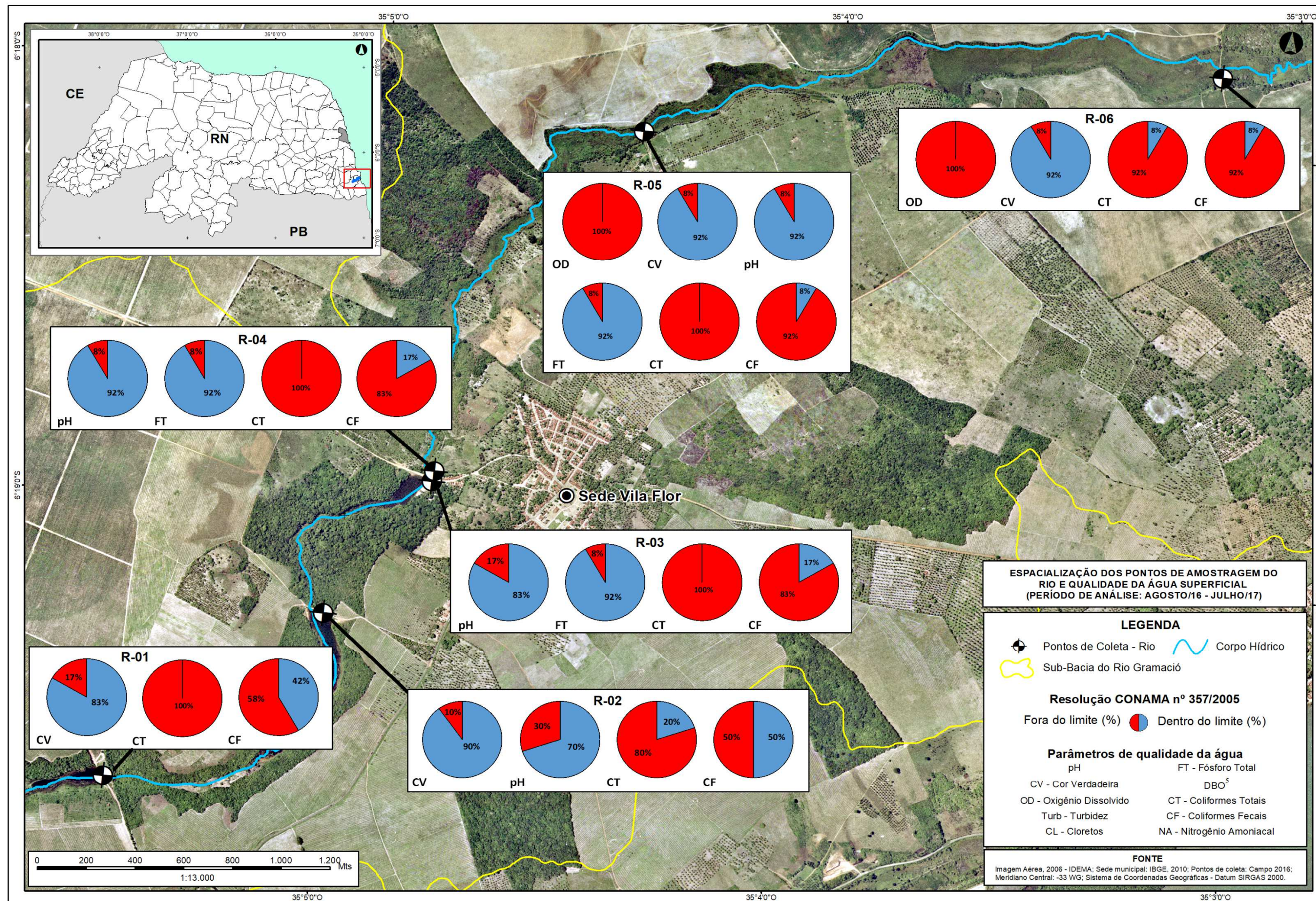


Figura 60 - Espacialização dos resultados de qualidade da água do rio Gramació, conforme a Resolução nº 357/2005. Elaborado pelo autor, 2016.

7.1.2 Qualidade das águas subterrâneas – poços particulares, segundo a Portaria 2.914/2011

O aproveitamento das águas subterrâneas muitas vezes é influenciado por variáveis econômicas, de forma que populações com maior poder aquisitivo optam por soluções individuais através de poços, em substituição aos serviços de abastecimento de água oferecidos pelas concessionárias. Porém, os aspectos qualitativos das águas subterrâneas tendem a não receber maior atenção.

Nesse aspecto, o abastecimento de água potável da sede do município de Vila Flor, único adensamento urbano existente na área da sub-bacia do rio Gramació, é realizado pela Companhia de Águas e Esgotos do RN, através de poços, porém alguns moradores possuem poços particulares e utilizam essa água, principalmente para consumo, sem a devida preocupação com a qualidade.

Desta forma, com o intuito de verificar a qualidade da água subterrânea sob os aspectos da legislação vigente, foram identificados os poços particulares e feitas as análises mensais de amostras de água, conforme os parâmetros e os limites preconizados pela Portaria 2.914/2011, que dispõe sobre consumo humano e seu padrão de potabilidade (Tabela 26).

Tabela 26 - Parâmetros analisados e os limites estabelecidos na Portaria 2.914/2011.

PARÂMETROS	Corpo Hídrico Subterrâneo –Poço
	PORTARIA 2.914/2011 - Limites
Cor Aparente (CA) - Unidade Hazen (mgPt-Co/L)	15
pH	6-9
Turbidez (UNT)	5
Amônia (mg/L NH ³)	1,5
Nitrito (mg/L NO ₂ ⁻)	1
Nitrato (mg/L NO ₃ ⁻)	10
Dureza Total (DT) - (mg/L CaCO ₃)	500
Sódio (mg/L)	200
Ferro (mg/L Fe ⁺³)	0,3
Coliformes Fecais Presença/Ausência (<i>Escherichia Coli</i>)	Ausência em 100 ml em 95% das amostras examinadas no mês
Coliformes Totais Presença/Ausência	Ausência*

*Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo.

As amostras de água subterrânea analisadas referem-se aos pontos de coleta P-01 ao P-08, sendo que o período de amostragem corresponde ao mês de agosto de 2016 a julho de 2017.

Com isso, as amostras correspondem as alíquotas de água dos poços particulares, cuja análise de qualidade considerou o resultado de cada parâmetro em cada um dos 8 pontos de coleta, durante a campanha . Levou-se em questão também, a variação do parâmetro nos pontos de coleta, considerando a mesma data em que foi coletada a amostra, a fim de compreender o comportamento do parâmetro.

Desta forma, a análise teve como base os parâmetros listados na tabela 26, cuja análise dos resultados, por meio de gráficos, permitiu avaliar o comportamento dos parâmetros durante o período de amostragem.

Assim, no ponto P-01 os parâmetros: Cor Verdadeira, Turbidez, Dureza, Amônia, Nitrito, Nitrato, Sódio e Ferro apresentaram comportamento estável, ou seja, dentro dos limites estabelecidos pela Portaria 2.914/2011. Entretanto, apesar da maioria das águas subterrâneas ter pH entre 5,5 e 8,5 (SANTOS, 2000), o parâmetro apresentou 83,33%

dos resultados abaixo da faixa estabelecida entre 6 a 9, conforme preconiza a portaria (Gráfico 20).

Souza (2008) explica que os valores de pH das águas subterrâneas são influenciados pela entrada de água de chuva no sistema, a qual apresenta caráter ácido em função do CO² dissolvido, assim como pelas interações pedológicas e os materiais constituintes do ambiente durante a percolação.

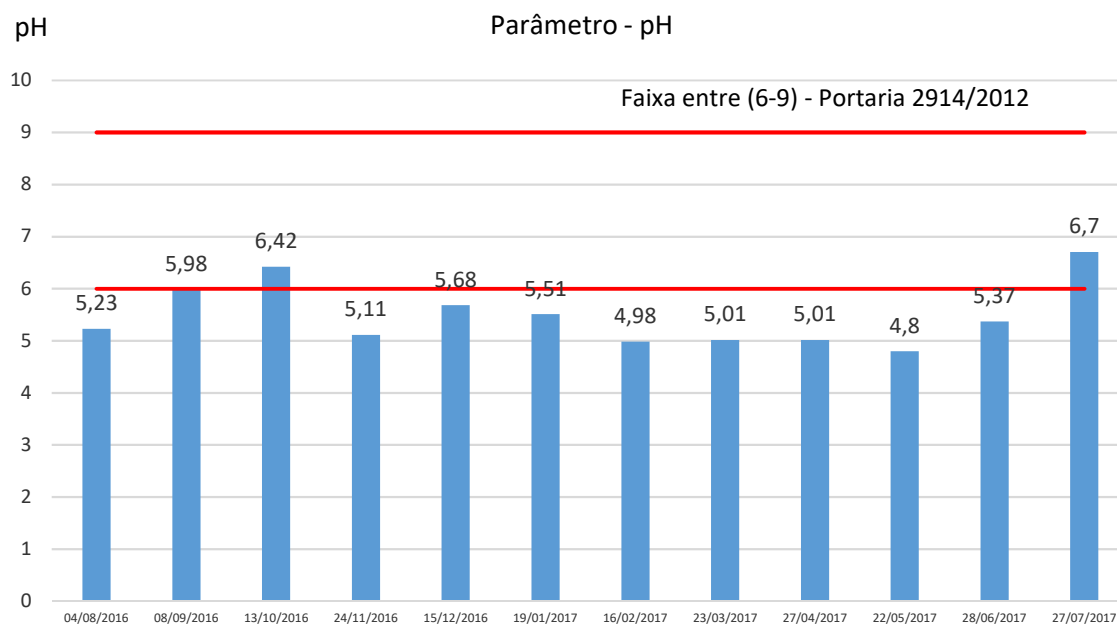


Gráfico 20 - Comportamento do parâmetro pH no ponto de amostragem P-01.

Além do pH, o parâmetro Coliformes Totais foi evidenciado 50% de presença nos resultados das análises, já para Coliformes Fecais (*Escherichia Coli*), os resultados foram 100% de ausência nas análises do ponto P-01.

No ponto de coleta P-02, com exceção dos parâmetros: Cor Verdadeira, Turbidez, Dureza, Amônia, Nitrito, Sódio e Ferro, que tiveram resultados dentro do estabelecido pela portaria, o pH ao contrário dos parâmetros citados obteve 100% dos resultados abaixo da faixa estabelecida entre 6-9, durante o período de amostragem.

Um segundo parâmetro que chamou atenção no ponto P-02 foi o Nitrato, diferentemente dos demais pontos de amostragem, este apresentou valores acima de 10 mg/L, em 16,66% das amostras analisadas, contudo os valores ficaram muito próximos do limite de 10 mg/L, conforme pode ser observado no gráfico 21.

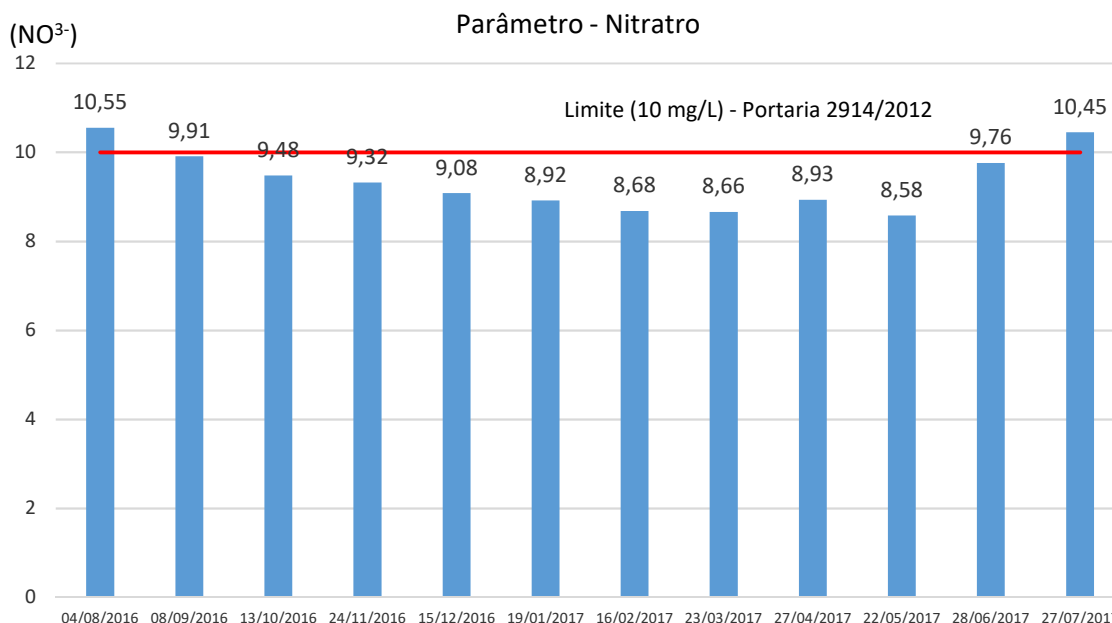


Gráfico 21 - Comportamento do parâmetro Nitrato no ponto de amostragem P-02.

A Agência Nacional de Águas (Brasil, 2005) destaca que a falta de saneamento, representa um risco à saúde das populações, em função da infiltração das fossas negras no solo, como também, pelo vazamento de redes de esgoto, cuja qualidade das águas sofre grandes alterações, especialmente nas cidades onde existe uma elevada densidade populacional e, portanto, alta taxa de produção de esgotos.

Dos principais componentes que alteram a qualidade das águas subterrâneas, o nitrato é o poluente de ocorrência mais freqüente. O nitrato é a forma mais oxidada do nitrogênio, sendo formado durante os estágios finais da decomposição biológica das diversas formas de nitrogênio presentes no solo, onde pode atingir altas concentrações em águas profundas.

Das diversas formas de nitrogênio presentes no solo à amônia (NH³) e em especial o nitrato (NO³⁻) convertido por meio de processos microbianos podem ser causas da perda de qualidade da água, cujas concentrações superiores a 10mg/L NO³⁻, pode causar metahemoglobinemia e câncer (BIGUELINI e GUMY, 2012).

O ponto de coleta P-02, ao contrário dos demais pontos, encontra-se no interior de uma vila com densidade de casas localizadas em uma pequena área, onde cada residência faz uso de fossas rudimentares para dispor os esgotos domésticos, concentrando de forma pontual, onde parte da amônia é convertida por microrganismos

do solo em nitratos solúveis. Segundo Libânio (2010, p. 127), “o significativo aumento nas concentrações de nitratos em águas subterrâneas tem sido verificado especialmente em solos arenosos”.

Percebe-se uma pequena redução nos resultados ao longo do período de amostragem, porém mesmo com 83,33% dos valores abaixo do estabelecido pela portaria 2.914/2011, a disposição do ponto P-02 em meio a concentração de fossas, o coloca como exemplo das consequências que a ausência de sistema de coleta e tratamento de esgotos pode causar na qualidade da água subterrânea.

Com relação ao parâmetro Coliformes Totais este obteve 50% de presença nos resultados das análises, sendo os resultados de Coliformes Fecais (*Escherichia Coli*) ausentes em 100% das análises realizadas.

Da mesma forma dos pontos anteriores, o ponto P-03 obteve valores de pH abaixo da faixa entre 6-9, porém para Coliformes Totais o número de presença deste parâmetro nas análises foi superior com 72% nos resultados (Gráfico 22), entretanto para Coliformes Fecais (*Escherichia Coli*) os resultados foram 100% de ausências nas análises realizadas.

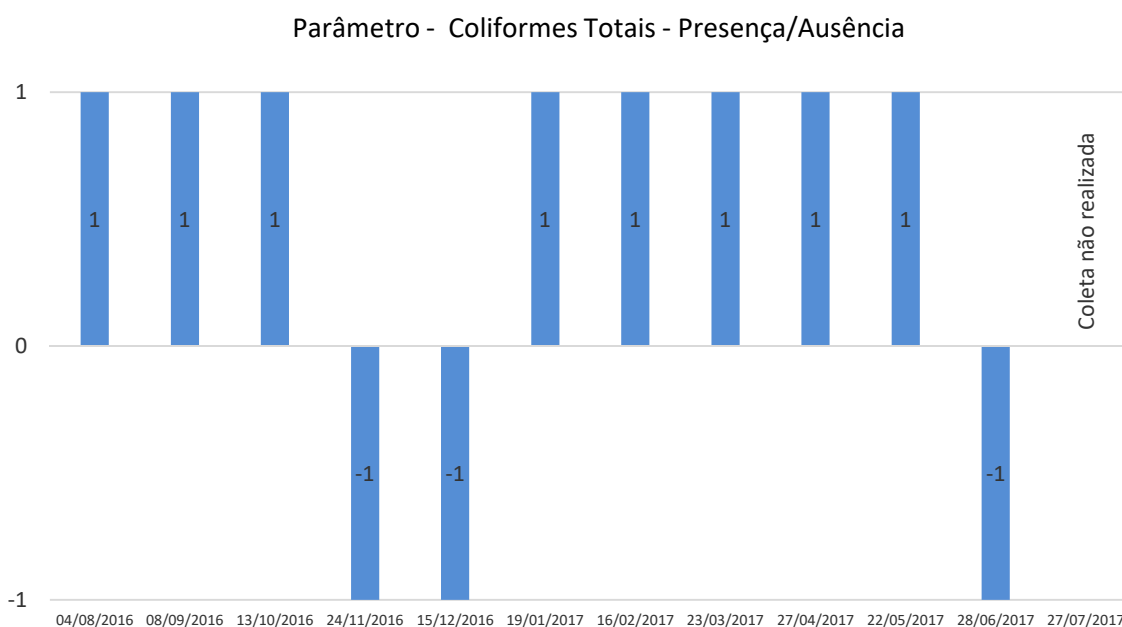


Gráfico 22 - Comportamento do parâmetro Coliformes Totais no ponto de amostragem P-03. Ausência de resultado no dia 27/07/17 em razão do local não poder ser acessado.

Seguindo a ordem dos pontos de coleta, os pontos P-04, P-05 e P-06, tiveram o pH abaixo da faixa entre 6-9 em 100% das amostras analisadas durante todo o período de amostragem. As alterações nos valores de pH, podem ser decorrentes dos processos de solubilização de íons durante o aporte das águas de chuva, no período chuvoso e quando cessado, no período seco, a concentração de íons implica novamente alterações nos valores de pH (AZEVEDO, 2013).

Com relação ao parâmetro Coliformes Fecais (*Escherichia Coli*) os resultados em todos os pontos citados tiveram 100% de ausência nas análises realizadas. Entretanto, para Coliformes Totais, no ponto de coleta P-04, a sua presença foi confirmada em 83,33% das amostras e, nos pontos P-05 e P-06, ambos tiveram 50% das amostras a presença de Coliformes Totais.

No ponto P-07, além dos resultados de pH estarem abaixo da faixa entre 6-9 estabelecidos nos padrões da portaria e Coliformes Totais com 58,3% de presença nos resultados, os parâmetros: cor aparente, turbidez e ferro tiveram em seus resultados um comportamento “anormal”, dos demais pontos monitorados.

Os resultados do parâmetro Cor Verdadeira demonstraram que durante o período de análise, 50% das amostras tiveram acima do limite de 15 Unidade Hazen (mgPt-Co/L), conforme o gráfico 23.

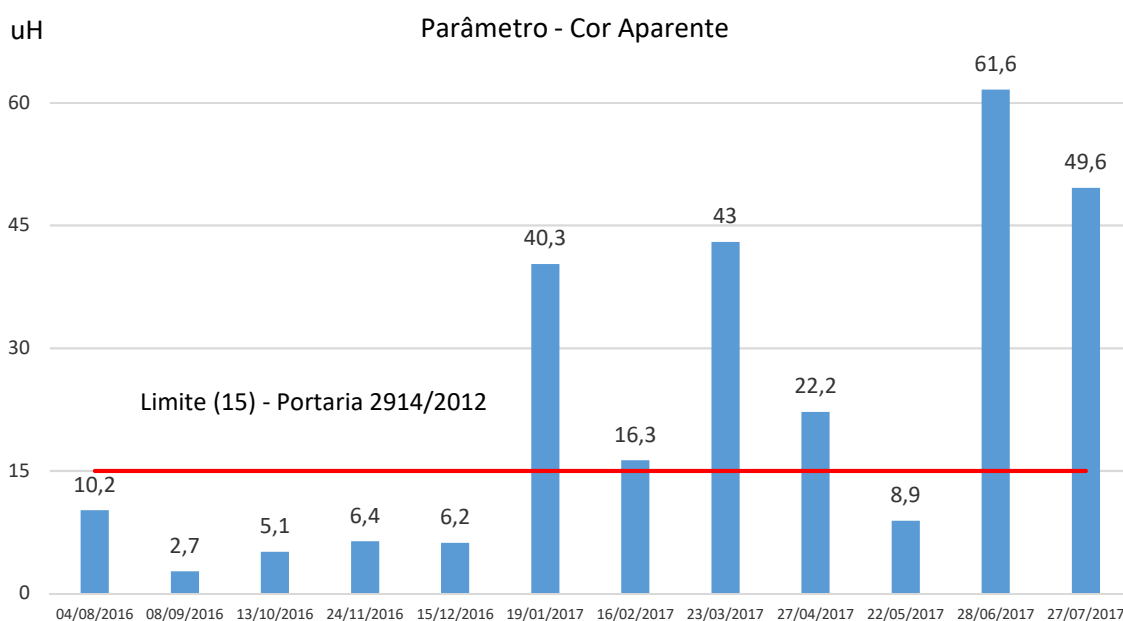


Gráfico 23 - Comportamento do parâmetro Cor Verdadeira no ponto P-07.

Já o parâmetro turbidez teve seus resultados alterados no ponto P-07, durante o período de amostragem, podendo observar o comportamento do parâmetro no gráfico 24, onde o maior valor registrado de 126 uT, no dia 27/07/17, ultrapassou o limite estabelecido pela portaria de 5 uT. Nos 12 meses de monitoramento, 41,66% das amostras ficaram acima do limite.

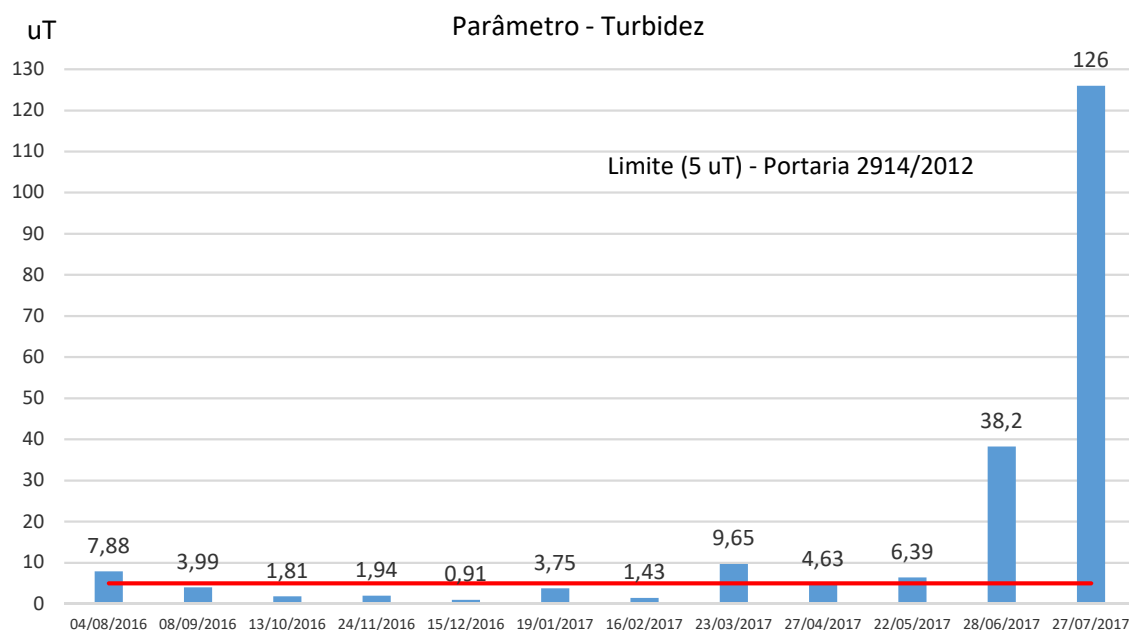


Gráfico 24 - Comportamento do parâmetro Turbidez no ponto P-07, durante o período de amostragem.

Da mesma forma, o resultado de ferro no dia 22/05/2017 foi superior em quase 400% sobre o estabelecido pela portaria de 0,3 mg/L Fe^{+3} , com 1,17 mg/L Fe^{+3} , conforme o gráfico 25. Apesar de não ultrapassar o limite da portaria nos dias 08/09/16 e 13/10/16, tais resultados são relevantes do ponto de vista da qualidade da água.

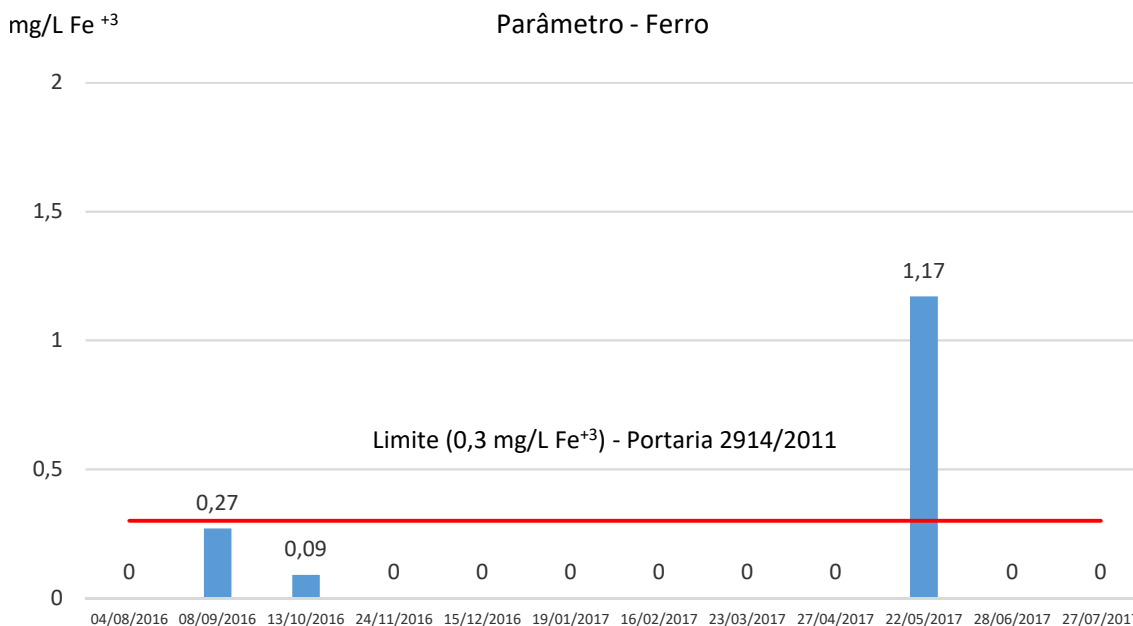


Gráfico 25 - Comportamento do parâmetro Ferro no ponto P-07, durante o período de amostragem.

O teor de ferro na água subterrânea pode estar ligado a ferrobactérias ou mesmo a corrosão do revestimento ou filtro do poço (SANTOS, 2000), como também, pode estar relacionada às características litológicas da área.

Segundo o proprietário do poço do ponto P-07, a cor amarelada na água é perceptível independentemente do período seco ou chuvoso. Pode-se inferir que se trata de um problema pontual relacionado ao revestimento do poço, pois o ponto P-06 localizado a menos de 200 metros do ponto P-07 não apresentou alteração nos parâmetros Cor Verdadeira, Turbidez e Ferro.

De qualquer forma, os resultados elevados dos parâmetros cor verdadeira e turbidez podem estar relacionados com a presença de ferro na água, o que inviabiliza seu consumo e foge dos padrões de potabilidade estabelecidos na portaria.

No ponto P-08, último ponto de amostragem, ao contrário dos demais pontos, é utilizado pela prefeitura para irrigação do jardim da praça central. Nesse ponto, o parâmetro pH ficou abaixo da faixa entre 6-9, seguindo o mesmo comportamento dos demais pontos de amostragem. Entretanto, o nitrato apesar de estar abaixo de 10 mg/L, seus resultados foram expressivos e manteve-se ao longo do período de amostragem, com uma média de 6,69 mg/L (Gráfico 26).

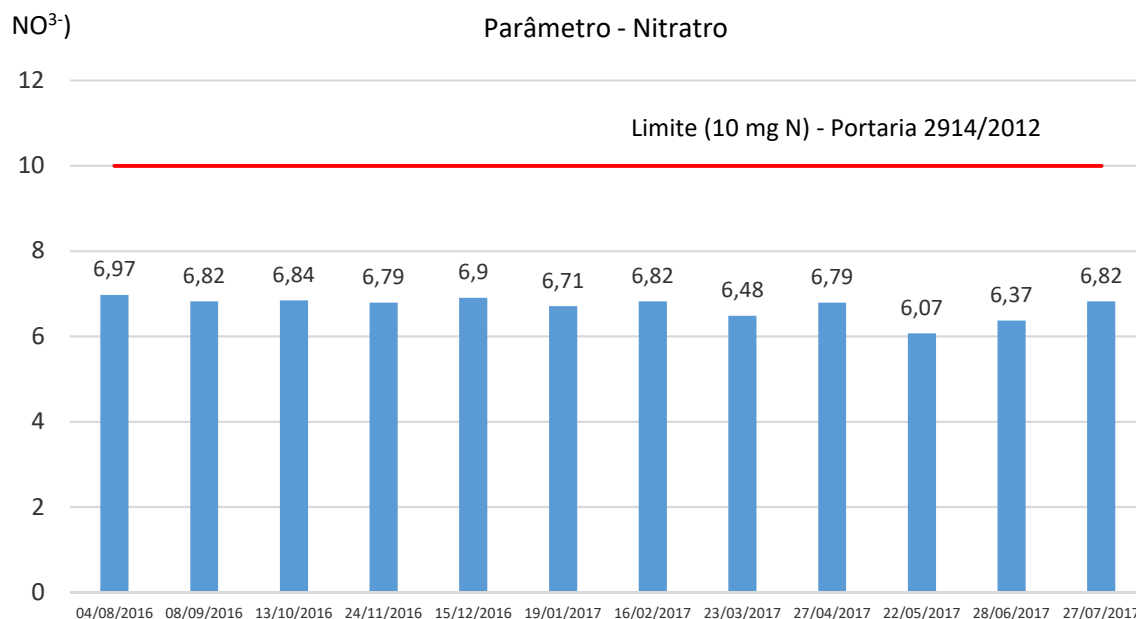


Gráfico 26 - Comportamento do parâmetro Nitrato no ponto P-08, durante o período de amostragem.

A localização do ponto P-08 se resume a área central da sede municipal, com residências e prédios públicos em seu entorno, onde os teores de nitrato estão relacionados às formas pontuais de lançamento de esgotos por meio das fossas.

Com relação ao parâmetro pH, do total de 96 amostras analisadas no período de 12 meses, 91 estiveram fora da faixa entre 6-9 estabelecida pela portaria, valor equivalente a 94,8% das amostras. Azevedo (2014) explica que o aporte de águas de chuva pode alterar o pH através da solubilização de íons, como também, pode estar relacionado com as características naturais do aquífero, já que em todos os pontos os resultados mantiveram-se abaixo da faixa, estabelecendo um padrão nos resultados.

Já os Coliformes Totais, a Portaria 2.914/2011 estabelece o padrão microbiológico da água para consumo humano, conforme a tabela 27.

Tabela 27 - Padrão microbiológico de água para consumo em função do tipo do sistema de distribuição.

Tipo de água	Parâmetro		VMP (Valor Máximo Permitido)
Água para consumo humano			
No sistema de distribuição (reservatórios e rede)	Coliformes totais	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo

Fonte: Adaptado da Portaria 2.914/2011.

Considerando no sistema de distribuição as caixas d'água como os reservatórios das residências e seus moradores os habitantes abastecidos pela água do poço particular, a portaria estabelece que entre as amostras examinadas no mês, apenas 1 poderá apresentar resultado positivo. Entretanto, o anexo XV da Portaria 2.914/2011 estabelece 1 amostra mensal para cada 500 habitantes.

Desta forma, nesse estudo considerou-se para o padrão microbiológico apenas 1 amostra mensal, durante o período de 12 meses, onde os resultados podem ser observados na tabela 28.

Tabela 28 - Resultados das análises microbiológicas referente a Coliformes Totais das amostras dos poços particulares.

Pontos/Data de coleta	04/08/16	08/09/16	13/10/16	24/11/16	15/12/16	19/01/17	16/02/17
P-01	Presente	Presente	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Presente
P-02	Presente	Presente	Presente	Ausência	Ausência	Ausência	Presente
P-03	Presente	Presente	Presente	Ausência	Ausência	Presente	Presente
P-04	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausência	Ausência	Presente
P-05	Presente	Presente	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Presente
P-06	Presente	Presente	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Presente
P-07	Presente	Presente	Ausência	Ausência	Presente	Ausência	Presente
P-08	Presente	Presente	Presente	Ausência	Ausência	Ausência	Presente

Continua.....

23/03/17	27/04/17	22/05/17	28/06/17	27/07/17	(%) Presença	(%) Ausência
Presente	Ausência	Presente	*	*	50	50
Presente	Ausência	Presente	Ausência	Presente	58,33	41,67
Presente	Ausência	Presente	Ausência	*	63,64	36,36
Presente	Ausência	Presente	Presente	Ausência	66,67	33,33
Presente	Ausência	Presente	Ausência	Ausência	41,67	58,33
Presente	Ausência	Presente	Ausência	Ausência	41,67	58,33
Presente	Presente	Presente	Ausência	Presente	66,67	33,33
Ausência	*	Presente	Ausência	Ausência	45,45	54,55

* Coleta não realizada

Assim, ao observar os resultados da tabela 28, a presença de Coliformes Totais foi confirmada em 50 amostras do universo de 92 analisadas, valor que equivale a 54,34% do total, colocando os poços na situação fora do padrão de microbiológico, conforme a portaria.

Vale ressaltar que, dos 8 poços analisados, em apenas 2, as alíquotas de água foram coletadas diretamente dos poços, ou seja, em 6 pontos, as amostras foram coletadas após os reservatórios (caixas d'água). Desta forma, se considerar somente esse número, o percentual se mantém em 48,61% de presença de Coliformes Totais nas amostras.

Analisar as bactérias do grupo coliformes constitui o indicador de contaminação mais utilizado em todo o mundo, sendo empregadas como parâmetro bacteriológico básico na definição de padrões de qualidade das águas destinadas ao consumo humano. Tais resultados demonstram a despreocupação por parte dos proprietários dos poços com a higienização dos reservatórios, sendo negligenciada a questão sanitária pelos usuários.

Segundo Libânio (2010), os aquíferos são menos vulneráveis que os mananciais superficiais, porém a poluição das águas subterrâneas tem um agravante em relação à dos cursos d'água. Por não ocorrer à autodepuração, os efeitos da deterioração da qualidade da água subterrânea podem permanecer por anos, mesmo após cessar a fonte de contaminação.

Nesse sentido, na figura 60 é possível visualizar os resultados da qualidade da água subterrânea durante o período de amostragem entre agosto/16 a julho/17. Os

parâmetros que tiveram seus resultados abaixo do limite estabelecido pela Portaria 2.914/2005 foram representados no mapa pela cor azul e aqueles tiveram acima do limite da portaria foram representados pela cor vermelha, ou seja, fora do padrão de qualidade. Porém vale destacar que, no processo de espacialização dos resultados na figura 61, se apenas uma das amostras, entre as demais analisadas obteve resultado acima do limite da portaria, foi considerado a cor vermelha.

Assim, através da espacialização dos resultados de qualidade da água subterrânea foi possível observar em quais pontos de amostragem os parâmetros estão apresentando comportamento “anormal” e inferir que as características naturais e antrópicas decorrentes das formas de uso do solo acabam degradando a qualidade da água subterrânea, conforme demonstrado no sub-capítulo 6.1.

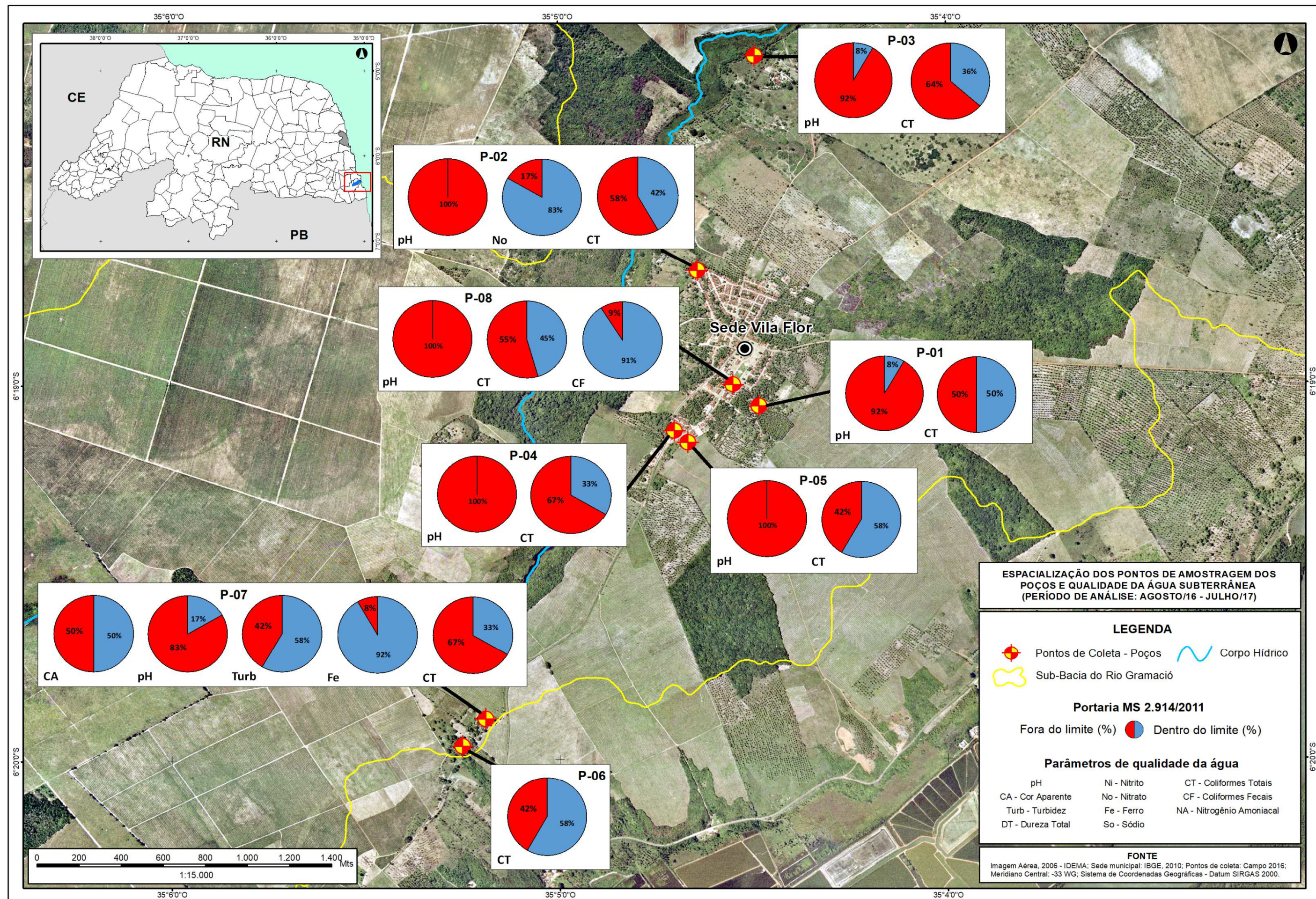


Figura 61 - Especialização dos resultados de qualidade da água subterrânea, conforme estabelecido pela Portaria 2.914/2011. Elaborado pelo autor, 2016.

De modo geral, durante o período de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas, observou-se que os parâmetros pH e o Coliformes Totais foram os parâmetros que mantiveram seus resultados em desconformidade com os limites estabelecidos na Portaria 2.914/2011. Conforme Sousa (2008), o valor de pH pode sofrer variação decorrente das interações com os materiais constituintes do ambiente. Assim, necessita-se de um estudo maior sobre as características físico-químicas do solo, a fim de inferir as motivações que levam os resultados de pH fora do limite estabelecido pela portaria.

Com relação ao parâmetro Coliformes Totais, nos pontos de coleta em que as alíquotas de água subterrânea foram realizadas após os reservatórios, entende-se que qualquer presença de coliformes nos resultados está relacionado à higienização do reservatório (caixa d'água).

No caso da sede municipal de Vila Flor, a principal fonte de contaminação é pontual por meio de fossas em decorrência da falta de um sistema de coleta de esgotos, como já foi dita anteriormente, porém pode ocorrer de forma difusa, através da percolação de fertilizantes e agrotóxicos utilizados na agricultura (LIBÂNIO, 2010), onde vale destacar que a sede é “ilhada” pela produção da cana-de-açúcar, podendo interferir na qualidade da água subterrânea.

Independente da forma que ocorre a poluição, a deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea é identificada através das análises ao longo do período de amostragem, especialmente, no local que envolve a área urbanizada.

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O presente estudo foi elaborado a partir da inquietação acerca das interferências das formas de uso e cobertura da terra sobre os recursos naturais da sub-bacia do rio Gramació, especificamente a qualidade das águas subterrânea e superficial e cobertura florestal.

Deste modo, as características e o processo de análise morfométrica da sub-bacia permitiu identificar que o relevo, a vertente, a declividade e o regime de precipitação permitem que a produção da cana-de-açúcar, seja a principal atividade na sub-bacia, compreendendo 69% da área de estudo. Contudo, 35,34% da sub-bacia apresentam solos do tipo Neossolos Quartzarênicos, cujas características fazem com que seja necessário aplicar insumos agrícolas para correção e fertilização do solo.

Em função das características, ocorrem diferentes formas de uso do solo na área de estudo que acabam “desenhando” a superfície da sub-bacia. Por exemplo, a análise temporal das imagens aérea e orbital dos anos de 2006 e 2011, respectivamente, permitiu verificar um aumento de 60 hectares de área referente a cultura temporária (cana-de-açúcar) em detrimento a cultura permanente e área campestre. Vinculada a isso, estão os problemas relacionados à perda da biodiversidade do solo, decorrente da aplicação de herbicidas e praguicidas, além da retirada da vegetação natural, especialmente aquela com função de proteção do manancial, localizadas nas Áreas de Preservação Permanente (APP's).

Com relação às APP's, o mapeamento das categorias do uso e cobertura da terra e do corpo hídrico foi confrontado com os aspectos legais que regem as áreas de proteção, onde possibilitou analisar as implicações dos critérios para a delimitação das APP's, estabelecidas no novo e no antigo Código Florestal, onde os resultados foram claros e preocupantes, tornando o novo código uma lei de retrocesso no que diz respeito à proteção dos mananciais. A modificação do início da faixa de APP partindo do limite máximo hidrológico para o limite regular trouxe grande perda de área protegida, afetando diretamente a condição básica para garantir a proteção e a manutenção dos recursos hídricos, o que não foi observado em trechos do rio Gramació.

Paralelo a expansão da cultura temporária, ocorre à ampliação da única área urbanizada existente na área no município de Vila Flor, a sede municipal, que

concomitantemente a isso, surgem os problemas vinculados a qualidade da água. Seus efeitos foram constatados nas análises laboratoriais das amostras das águas superficiais (rio Gramació) e subterrâneas (poços particulares) no período de 12 meses de monitoramento, onde a cartografia possibilitou espacializar os resultados dos parâmetros que tiveram seus limites fora da legislação vigente.

Com relação, as águas superficiais, o monitoramento da qualidade da água do rio Gramació demonstrou que o corpo hídrico se torna o receptor das águas cinzas e dos esgotos domésticos, acarretando sua deterioração, além de expor a população a doenças de veiculação hídrica. Tais problemas são constatados através dos resultados laboratoriais, sendo confirmada a presença de Coliformes Fecais em todos os 6 pontos de amostragem ao longo do rio, colocando em destaque o ponto de coleta R-03, utilizado como balneário pela população.

Apesar das águas do rio Gramació não serem utilizadas como fonte de abastecimento, a presença da bactéria *Escherichia Coli*, remete diretamente as questões de saúde pública e ausência de infraestrutura de esgotamento sanitário.

Além da presença da bactéria no ponto R-03, foram registrados níveis baixos de Oxigênio Dissolvido nos pontos de amostragem R-05 e R-06, ambos localizados após a área urbanizada, demonstrando a presença de fontes de poluição, decorrentes do lançamento de esgotos domésticos, levando ao consumo do oxigênio.

Quanto à qualidade das águas subterrâneas, 8 poços particulares foram monitorados durante 12 meses e, nesse período foi constatada em todos os poços a presença de Coliformes Totais, sendo a principal causa a falta de higienização dos reservatórios (caixa d'água). É de extrema importância a conscientização dos proprietários sobre a necessidade de se fazer a limpeza dos reservatórios e procurar monitorar a qualidade da água utilizada para consumo, pois a obtenção de água através da perfuração de poços vai muito além da questão econômica, deve-se atentar também para a questão da qualidade, haja vista que o monitoramento da qualidade da água fornecida através da rede de distribuição é realizado pela concessionária CAERN.

Outro dois parâmetros que tiveram seus resultados divergentes do estabelecido pela legislação vigente foram o pH e o Nitrato. Os resultados de pH estiveram fora da faixa determinada pela Portaria 2.914/2011, em 7 dos 8 poços monitorados, podendo ser

explicado pelo aporte de águas de chuva através da solubilização de íons, como também, estar relacionado com as características naturais do aquífero.

Já o parâmetro Nitrato se destaca especialmente no ponto de coleta P-02, apesar de haver variação nos resultados ao longo do período de amostragem, 17% das amostras estiveram acima de 10 mg/L, limite estabelecido pela Portaria 2.914/2011. A razão disso está na configuração em que se localiza o ponto de coleta, ou seja, trata-se de uma pequena vila residencial, onde cada residência faz uso de fossa rudimentar para dispor os esgotos domésticos. Desta forma, a disposição do ponto P-02 em meio à concentração de fossas o coloca como exemplo das conseqüências que a ausência de sistema de coleta e tratamento de esgotos pode causar na qualidade da água subterrânea.

Para tal situação se sugere o monitoramento dos níveis de nitrato nas águas subterrâneas, mesmo que os resultados estejam abaixo do limite preconizado pela legislação, a fim de obter dados, conseqüentemente, informação e conhecimento sobre a dinâmica e extensão da contaminação.

O esgoto quando não tratado e lançado diretamente no solo atinge o lençol freático, tornando o aquífero susceptível à contaminação, conseqüentemente, alterando as características das águas subterrâneas.

Sobre a problemática da poluição dos recursos hídricos é de extrema necessidade a implantação de rede coletora e posterior tratamento dos esgotos domésticos evitando a contaminação das águas subterrânea e superficiais. Porém, leis e fiscalizações punitivas terão pouco resultado se a população não estiver sensibilizada, pois são causadores e vítimas ao mesmo tempo dos problemas ambientais e de saúde que elas mesmas causam pela falta de infraestrutura e planejamento.

Com relação ao uso da terra, diante dos resultados obtidos, constatou-se que as diversas formas de ocupação implicam diretamente na qualidade das águas superficial e subterrânea, além da perda da cobertura florestal diante da pressão da cultura temporária.

De um modo geral, acredita-se que esse estudo pode contribuir para a compreensão dos aspectos fundamentais acerca das implicações decorrentes das formas de uso da terra na sub-bacia e chamar a atenção para os gestores à necessidade de um

planejamento que utilize uma abordagem integrada e participativa envolvendo as dimensões antrópicas, ambientais e econômicas ao local.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, João Batista de. Torres de. Resíduos sólidos. Leme: Independente, 2011.

ALVES, Júlia Maria de Paula; CASTRO, Paulo de Tarso Amorim. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 33, n. 2, p. 117-127, 2003. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/9821/9781>>. Acesso em: 28 nov. 2016.

AMARO, Venerando Eustáquio; SANTOS, Marcelo Soares Teles; SOUTO, Michael Vandesteem Silva. *Geotecnologias Aplicadas ao Monitoramento Costeiro: Sensoriamento Remoto e Geodésia de Precisão*. Natal: Autor, 2012. 120 p.

AMORIM, Ana Cleide Bezerra. *Influências das Subregiões do Atlântico Tropical na Precipitação no Leste do Nordeste Brasileiro*. 2016. 142f. Tese (Doutorado) –Centro de Ciências Exatas da Terra, UFRN, Natal, 2016.

ANGELIM, Luiz Alberto de Aquino; VEIGAJUNIOR, José Pessoa. Coberturas Continentais Cenozóicas. Depósitos de Mangue. In: ANGELIM, Luiz Alberto de Aquino et al. (Org.). *Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte: Texto Explicativo dos Mapas Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte*. Programa Geologia do Brasil. Recife: CPRM/FAPERN, 2006.119 p. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/cartografia_regional/rel_rio_grande_norte.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2017.

_____. Coberturas Continentais Cenozóicas. Depósitos Eólicos Litorâneos de Paleodunas. In: ANGELIM, Luiz Alberto de Aquino et al. (Org.). *Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte: Texto Explicativo dos Mapas Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte*. Programa Geologia do Brasil. Recife: CPRM/FAPERN, 2006.119 p. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/cartografia_regional/rel_rio_grande_norte.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2017.

ANGELO, Jussara Rafael. *Sistemas de Classificação de Uso/Cobertura da Terra*. 2010. 5 f. *Disciplina Padrões e Processos de Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra*, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010. Disponível em: <http://www.ess.inpe.br/courses/lib/exe/fetch.php?media=wiki:user:legenda_jussara.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2016.

ARAÚJO, Gustavo Henrique de Sousa et al.. *Gestão Ambiental de Áreas degradadas*. Rio de Janeiro: Bertrand, 2007. 320 p.

ARCOVA, Francisco Carlos Soriano; CICCIO, Valdir de. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. *Revista Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 56, p. 125-134, 1999. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr56/cap09.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9.896: Glossário de poluição das águas. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 94 p.

AZEVEDO, Júlio Henrichs de; CAMPOS, José Elói Guimarães; BOAVENTURA, Geraldo Resende. Influência dos Fatores Geológicos e Hidrogeológicos na Estabilidade Química das Águas Freáticas no Sul do Estado do Tocantins. Revista do Instituto de Geociências – USP, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 73-88, 2014. Disponível em: <http://www.revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/33/volume33_1_files/33-1-artigo-6.pdf>. Acesso em: 13 out. 2017.

AYERS; WESTCOT. Water quality for agriculture. 3 ed. Rome: FAO, 1994. 174p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/003/T0234E/T0234E00.htm>>. Acesso em: 16 nov. 2016.

BARRETO, Alcina Magnólia Franca et al.. Geologia e geomorfologia do quaternário costeiro do estado do Rio Grande do Norte. Revista do Instituto de Geociências – USP, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 1-12, 2004. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/guspsc/article/view/27395/29167>>. Acesso em: 27 ago. 2017.

BALLESTER, Maria Victoria Ramos. Impactos das mudanças no uso da terra em corpos aquático. 2013. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/impactos_das_mudancas_no_uso_da_terra_em_corpos_aquaticos_/17026/>. Acesso em: 12 jan. 2018.

BERTALANFFY, Ludwig von. Teoria Geral dos Sistemas. 8. ed. Tradução de Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 2015 [1977]. p. 359.

BIE, C. A. J. M. de; LEEUWEN, J. A. van; ZUIDEMA, P. A. The Land Use Database. A knowledge-based software program for structured storage and retrieval of userdefined land use data sets: user's reference manual. Version 1.04 for MS-DOS: International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation; Food and Agriculture Organization; United Nations Environment Programme; Wageningen University, 1996. 41 p. Disponível em: <<http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/LM/SUSLUP/Luse/Manual/chap2.pdf>>. Acesso em: dez. 2013.

BIGARELLA, João José et al. Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais do Brasil. 2 ed. Florianópolis: UFSC, v. 3, p. 151-160, 2003.

BIGUELINI, Cristina Poll; GUMY, Mariane Pavani. Saúde Ambiental: Índices de Nitrato em Águas Subterrâneas de Poços Profundos na Região Sudoeste do Paraná. Revista Faz Ciência. Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Paraná, v. 14, n. 20, p. 153-175, 2012. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/fazciencia/article/view/8724/6724>>. Acesso em: 27 jan. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990,

de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/legislacao/agua/category/116-recursos-hidricos>>. Acesso em: 01 dez. 2016.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 01, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe Sobre Critérios Básicos e Diretrizes Gerais Para a Avaliação de Impacto Ambiental. Brasília, 17 fev. 1986. p. 2548-2549. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2016.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 18 mar. 2005. p. 58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

_____. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 4. ed. Brasília: EMBRAPA, 2014.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Embrapa Cerrado. Neossolo Quartzarênico. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_2_10112005101955.html>. Acesso em: 01 dez. 2016.

_____. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Solos Argissolos Vermelho-Amarelos. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn0pzmhe02wx5ok0liq1mqk4130gy.html>. Acesso em: 09 set. 2017.

_____. Agência Nacional de Águas. Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil. Brasília: ANA, 2005. 123 p. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/pnrh/VF%20DisponibilidadeDemanda.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2018.

_____. Fundação Nacional de Saúde. Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS. Brasília: Divisão de Editoração e Mídias de Rede, 2014. 112 p. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2016.

_____. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 01 set. 2016.

_____. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe Sobre Os Procedimentos de Controle e de Vigilância da Qualidade da água Para Consumo Humano e Seu Padrão de Potabilidade. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 14 ago. 2016.

BOTELHO, Rosângela Garrido Machado. Bacias hidrográficas urbanas. In: GUERRA, Antonio Teixeira, (Org.). Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

_____; SILVA, Soares da Silva. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, Antonio Carlos e GUERRA, Antonio Teixeira (Horas.). Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 11-280.

CARTA GEOLÓGICA. Escala 1:100.000. Folha SB-25-Y-A-II - São José de Mipibú. Serviço Geológico do Brasil. CPRM, 2017. Disponível em: <http://geosgb.cprm.gov.br/geosgb/arquivos_vetoriaisraster.html>. Acesso em: 28 nov. 2016.

CÂMARA, Gilberto et al. Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica. Rio de Janeiro, 1996. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/analise.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2016.

CÂMARA, Gilberto; ORTIZ, Manoel Jimenez. Sistemas de Informação Geográfica para Aplicações Ambientais e Cadastrais: Uma Visão Geral. In: SILVA, Miquéias Rildo de Souza. Cartografia, Sensoriamento e Geoprocessamento. Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p. 59-88. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/analise.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2016.

CARDOSO, Christiany Araujo et al. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. Árvore, Viçosa, v. 30, n. 2, p.241-248, nov. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n2/a11v30n2.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2016.

CASSETI, Valter. Geomorfologia. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

CENTENO, Jorge A. Silva. Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais. Curitiba: Curso de Pós Graduação em ciências Geodésicas/UFPR, 2009. 219 p.

COLL, Enrique Matarredona. Aplicación de La fotografia aérea em la cartografia desuelos. Anales de La Universidad de Alicante. Investigaciones geográficas. Instituto Universitario de Geografia. Alicante, Espanha. v. 3. p.7-30, 1985. Disponível em: <<https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/625/1/Matarredona%20Coll-Aplicacion%20de%20la%20fotografia.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

CONGALTON, Russell; MEAD, Roy. A Quantitative Method to Test for Consistency and Correctness in Photointerpretation: Error matrices are analyzed using discrete multivariate analysis techniques as an aid in determining proper filter combinations, proper seasons, and appropriate interpreters. In: Annual Convention of the American Society of Photogrammetry, 1983, D.C. Convention. D.C.:

Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1983. v. 49, p. 69 - 74. Disponível em: <https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1983journal/jan/1983_jan_69-74.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2016.

CUENCA, Manuel Alberto Gutiérrez; MANDARINO, Diego Costa. Nova Fronteira da Atividade Canavieira nos Principais Municípios Produtores do Estado do Rio Grande do Norte; 1990, 1995, 2000 e 2005. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Sergipe, p.1-20, out. 2007. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2007/doc-121.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2016.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. Rev. Geomorfologia, Campinas, v.18, n.9, p.35-64, 1969.

_____. Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188 p.

_____. Modelagem de Sistemas Ambientais. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236 p.

ESRI. Hydrologic analysis sample applications. 2017. Disponível em <<http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/hydrologic-analysis-sample-applications.htm>>. Acesso em: 4 ago. 2016.

FARIAS, Juliana Felipe; SILVA, Edson Vicente da. Compartimentação Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Palmeira-Ceará: Subsídios ao Planejamento Ambiental. Geosaberes, Fortaleza, v. 6, n. 1, p.149-163, out. 2015. Disponível em: <<http://www.geosaberes.ufc.br/seer/index.php/geosaberes/article/viewFile/373/299>>. Acesso em: 14 ago. 2016.

FERNANDES, Afrânio Gomes. Fitogeografia brasileira. Fortaleza: Multigraf, 1998.

_____; BEZERRA, Prisco. Estudo fitogeográfico do Brasil. Fortaleza: Stylus Comunicações, 1990.

FIORI, Simone; FERNANDES, Vera Maria Cartana; PIZZO, Henrique. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19-30, 2006. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/3676/2042>>. Acesso em: 4 out. 2016.

GOLTZ, Elizabeth et al. Classificação orientada a objeto na identificação de áreas de reforma de cana-de-açúcar. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal. Anais... Curitiba: INPE, 2011. p. 199 - 206. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.15.40/doc/199-206.pdf>>. Acesso em: 19ago. 2017.

GOMES, Rodrigo Dutra. Ontologia sistêmica: construção do espaço e perspectiva ambiental. GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, n. 25, p.109-122, 2009. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/74115/85430>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

GUERRA, Antônio Teixeira; GUERRA, Antonio José Teixeira. Novo dicionário geológico geomorfológico. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

HEYMANN, Yves et. al. Corine land cover technical guide. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 1994. 136 p. Disponível em: <http://image2000.jrc.ec.europa.eu/reports/technical_guide.pdf>. Acesso em: 10 out. 2016.

HORTON, Robert Elmer. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Bulletin of the Geological Society of America, v.56, n.3, p.275-370, 1945. Disponível em: <http://www.geos.ed.ac.uk/homes/s0451705/horton_1945.pdf>. Acesso em: 10 out. 2016.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Atlas de saneamento 2011. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.sht>. Acesso em: 13 set. 2016.

_____. Cidades. 2017. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/rn/vila-flor/panorama>>. Acesso em: 13 mar. 2017.

_____. Manual Técnico de Geomorfologia. Manuais Técnicos em Geociências. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv66620.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2016.

_____. Manual Técnico de Pedologia: Manuais Técnicos em Geociências. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv24989.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2016.

_____. Manual Técnico de Uso da Terra: Manuais Técnicos em Geociências. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2016.

JENSEN, John. Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma perspectiva em Recursos Terrestres. Tradução de José Carlos Neves Epiphanyo (Coord.), et al.. São José dos Campos: Parênteses, 2009. 598 p. Tradução de: Remote Sensing of the environment: an earth resource perspective.

KELLER, Elza Coelho de Sousa. Mapeamento da utilização da terra. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro: IBGE, v. 31, n.3, p. 151-160, 1969. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/detalhes.php?id=7115>>. Acesso em: dez. 2016.

KOFFLER, Natalio Felipe. Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao mapeamento de solos. Geografia. Rio Claro, v. 18, n.2, p. 1-51, out., 1993.

LEONARDO, Hudson Carlos Lissoni. Indicadores de qualidade de solo e água para a avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do Rio Passo Cue, região oeste do estado do Paraná. 2003. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-27112003-094029/pt-br.php>>. Acesso em: 7ago. 2017.

LIBÂNIO, Marcelo. Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010. 494 p.

LIMA, José Auricelio Gois. Relação sociedade/natureza e degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Coaçu – Região Metropolitana de Fortaleza/CE: subsídios ao planejamento ambiental. 233 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 2010. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp137209.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2016.

LIMA JÚNIOR, Roberto Máximo de; SILVA, Sebastião Milton Pinheiro da. Mapeamento da cobertura da terra através de imagens LANDSAT 5/TM em assentamentos rurais do município de Apodi/RN, para fins de estudos de ocupação e transformação do território. Sociedade e Território, Natal, v. 26, n. 2, p.1-17, jul. 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/viewFile/5307/4317>>. Acesso em: 31 jul. 17.

LIMA, Walter de Paula. Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas. 2. ed. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura, 2008. 253 p. Disponível em: <<http://www.ipef.br/hidrologia/hidrologia.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2016.

MACHADO, Ricardo Augusto Souza et al. Análise morfométrica de bacias hidrográficas como suporte a definição e elaboração de indicadores para a gestão ambiental a partir do uso de geotecnologias. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba. Anais... .Curitiba: INPE, 2011. p. 1441 - 1448. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1118.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

MARQUES NETO, Roberto. A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação. Revista do Departamento de Geociências: Geografia, Londrina, v. 17, n. 2, p.67-87, dez. 2008. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/2354/2175>>. Acesso em: 13 ago. 2016.

MARCUZZO Francisco; OLIVEIRA Nayhara; CARDOSO Murilo, TSCHIEDEL Arthur. Detalhamento Hidromorfológico da Bacia do Rio Paraíba. In: XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2012, João Pessoa. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Evento_Hidro_Marcuzzo.pdf>. Acesso em: 19ago. 2017.

MARKOS. Análise de águas e efluentes. 2008. Disponível em: <<http://www.c2o.pro.br>>. Acesso em: 13 out. 2016.

MARQUES NETO, Roberto. A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação. *Revista do Departamento de Geociências: Geografia, Londrina*, v. 17, n. 2, p.67-87, dez. 2008. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/2354/2175>>. Acesso em: 13 ago. 2016.

MEDEIROS, Vladimir Cruz de; NASCIMENTO, Marcos Antonio Leite do; SOUZA, Débora do Carmo. Geologia. In: PFALTZGRAFF, Pedro Augusto dos Santos; MIRANDA Fernanda Soares de, (Orgs.). *Geodiversidade do estado do Rio Grande do Norte*. Rio de Janeiro: CPRM, 2010.188 p. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/16773?show=full>>. Acesso em: 28 ago. 2017.

NASCIMENTO, Luciana Vaz do; VON SPERLING, Marcos. Padrões brasileiros de qualidade das águas e os critérios para proteção da vida aquática, saúde humana e animal. In: *Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, 1998, Lima. Congresso. Lima: Aidis, 1998. p. 1 - 5. Disponível em: <<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=45265&indexSearch=ID>>. Acesso em: 2 jul. 2016.

NETO, Roberto Marques. A Abordagem Sistêmica e os Estudos Geomorfológicos: Algumas Interpretações e Possibilidades de Aplicação. *Geografia, Londrina*, v. 17, n. 2, p.67-87, jul. 2008. Semanal. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/2354>>. Acesso em: 15 set. 2016.

SILVA NETO, João Cândido André da. Avaliação da vulnerabilidade à perda de solos na bacia do rio Salobra, MS, com base nas formas do terreno. *Geografia, Londrina*, v. 22, n. 1, p. 05-25, jan. 2013.. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/viewFile/12722/14443>>. Acesso em: 15 set. 2017.

NOVO, Evlyn Márcia Leão de Moraes. *Sensoriamento remoto: princípios e Aplicações*. São Paulo: Blüncher, 1992.

NUNES, Elias. *Geografia Física do Rio Grande do Norte*. Natal: Imagem Gráfica, 2006. 114 p.

_____. Aspectos morfo-estruturais, fisiográficos e de coberturas de alterações intempéricas da Grande Natal (RN), como base para o macrozoneamento geoambiental. 1996. Tese (Doutorado). Departamento de Geociências, UNESP, Rio Claro, 1996. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/36229701_Aspectos_morfo-estruturais_fisiograficos_e_de_coberturas_de_alteracoes_intempericas_da_Grande_NatalRN_como_base_para_o_macrozoneamento_geo-ambiental>. Acesso em: 19 ago. 2017.

NUNES, Elias et al. Levantamento ambiental preliminar da Folha São José de Mipibu-RN. Caderno Norte-Rio-Grandense de Temas Geográficos. Natal. v. 4, n. 5, p. 39-52, jul./dez., 1988.

OLIVEIRA, Frederico Galvão de. Aplicação das técnicas de geoprocessamento na análise dos impactos ambientais e na determinação da vulnerabilidade ambiental no litoral sul do Rio Grande do Norte. 2011. 250f. Tese (Doutorado) –Geociência e Meio Ambiente, UNESP, Rio Claro, 2011.

_____. Caracterização e diagnóstico de impactos ambientais em Natal/RN com apoio de geoprocessamento. 2003. 207 f. Dissertação (Mestrado) - Geografia, UFRN, Natal, 2003.

OLIVEIRA-FILHO, Ary Teixeira; ALMEIDA, Renata Jimenez. de; MELLO, José Márcio de; GAVILANES, Manoel Losa da. Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho de mata ciliar do córrego Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG). Revista Brasileira de Botânica, São Paulo, v.17, n.1, p.67-85, 1994. Disponível em: <<https://www.scienceopen.com/document?vid=89b4a381-c55d-4979-b281-1922e5f2950e>>. Acesso em: 01 ago. 2017.

PARANHOS FILHO, Antônio Conceição; LASTORIA, Giancarlo; TORRES, Thais Gisele. Sensoriamento Remoto Ambiental Aplicado. Introdução as Geotecnologias. Campo Grande: UFMS, 2008. 198 p.

PEREIRA, Regina Celi Mendes; SILVA, Edson Vicente da. Solos e Vegetação do Ceará: Características Gerais. In: SILVA, José Borzacchiello; DANTAS, Eustógio; CAVALCANTE, Tércia. Ceará: um novo olhar geográfico. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007.

PETTA, Reinaldo Antônio; FERNANDES, Rodrigo Cysneiros; NASCIMENTO, Paulo Sérgio de Rezende. Detecção Automática da Dinâmica da Cobertura da Terra por Sensoriamento Remoto. Geografia, Londrina, v. 17, n. 2, p. 111-125, jan. 2008. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/viewFile/5461/4969>>. Acesso em: 31 jul. 2017.

PIRES, José Salatiel Rodrigues; SANTOS, José Eduardo dos; DEL PRETTE, Marcos Estevan. A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais. In: Schiavetti, Alexandre, Camargo, Antonio. CONCEITOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS Teorias e Aplicações. Ilhéus: Editus, 2002. Disponível em: <http://www.uesc.br/editora/livrosdigitais2015/conceitos_de_bacias.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2016.

PISSARRA, Christiany Araujo et al. Avaliação de características morfométricas Na relação solo-superfície da bacia Hidrográfica do córrego rico, Jaboticabal (SP). Revista Brasileira e Ciência do Solo, v. 28, p.297-305, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n2/a11v30n2.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2016.

PRATES, Margarete; GATTO, Luiz Carlos Soares; COSTA, Maria Iranice Passos. Geomorfologia. BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Secretaria –

Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folhas SB. 24/25 Jaguaribe/Natal; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1981.

RYFF, Tito. Microbacias hidrográficas um novo conceito de desenvolvimento rural. AgroANALYSIS, São Paulo, v. 15, n. 5, p. 8-11, mai. 1995. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/article/view/47866/45574>>. Acesso em: 07 Ago. 2017.

RIO GRANDE DO NORTE. Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte - EMPARN. Climatologia – Rio Grande do Norte. 2017. Disponível em: <<http://187.61.173.26/climaRN/prec.html>>. Acesso em: 15 fev. 2017.

_____. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente - IDEMA. Folha SB-25-Y-A-II-4-NE. 2006. Escala: 1:25.000.

_____. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente - IDEMA. Folha SB-25-Y-A-II-4-NO. 2006. Escala: 1:25.000.

_____. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente - IDEMA. Perfil do município: Vila Flor. 2008. Escala: Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC000000000013795.PDF>>. Acesso em: 12 out. 2016.

RODRIGUEZ, María de Lourdes Hernández. Aspectos del uso y valoración del agua subterránea en el estado de Tlaxcala: Un análisis desde una perspectiva social. 2005. 149 f. Tese (Doutorado) - Colegio de Postgraduados Campus Puebla, Faculdade em Puebla, México, 2005. Disponível em: <<http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2007/lhr/13.htm>>. Acesso em: 28 nov. 2016.

ROSA, Roberto. Introdução ao sensoriamento remoto. 5. ed. Uberlândia, MG: UFU, 2003. p. 203. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/lid.inpe.br/sbsr>>. Acesso em: 23/01/08.

_____. Geotecnologias na Geografia aplicada. Revista do Departamento de Geografia, Minas Gerais, v. 16, p. 81-90. out. 2005. Disponível em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_16/Roberto_Rosa.pdf>. Acesso em: 12 out. 2016.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Geomorfologia: ambiente e planejamento. 9. ed. São Paulo: Contexto, 2014.

ROGALSKI, Sérgio Ricardo. Índice de Degradação Ambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio Olarias, em Ponta Grossa-PR, entre 1980 e 2005. 145 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2011. Disponível em: <http://bicentede.uepg.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=693>. Acesso em: 20 nov. 2016.

SADECK, Luis Waldyr Rodrigues. Resolução espacial vs. Escala. 2009. Disponível em: <<https://geotecnologias.wordpress.com/2009/09/19/resolucao-espacial-vs-escala/>>. Acesso em: 20 nov. 2016

SAMPAIO, Elsa. Noções básicas de detecção remota fotogrametria e fotointerpretação em pedologia. Departamento de Geociências. Universidade de Évora. 2007. Disponível em: <<http://home.dgeo.uevora.pt/~ems/files/Anexo%20B-01.pdf>>. Acesso em: 2 jun. 2016.

SANTOS, Almany Costa. Noções de Hidroquímica. In: Hidrologia: Conceitos e aplicações. 2 ed. Fortaleza: CPRM/LABHID-UFPE, 2000.

SANTOS, Jémison Mattos dos; LIMA, Kleber Carvalho. Análise da rede de drenagem em bacias hidrográficas tropicais: bacia do Riacho Grande - Bahia/Brasil. Associação Portuguesa de Geomorfólogos, Braga, v. 6, p.77-82, jan. 2009. Disponível em: <http://www2.uefs.br/geotropicos/bacias_drenagens_portugal.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2016.

SANTOS, Milton; SILVEIRA, Maria Laura. Brasil. Território e Sociedade no século 21. 6. ed. Rio de Janeiro: Record, 2004. 473 p.

SANTOS, Rosely Ferreira dos. Planejamento ambiental: Teoria e Prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SILVA, Roberto Valmir. Estimativa de largura de faixa vegetativa para zona ripária. In: Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias. Florianópolis: UFSC/PPGEA, Anais, p. 74-87. 2003. Disponível em: <http://produtordeagua.ana.gov.br/Portals/0/DocsDNN6/documentos/Largura_zonas_riparias2003.pdf>. Acesso em: jan. 2018.

SOCHAVA, Viktor Borisovich. O estudo dos Geossistemas. Métodos em Questão. São Paulo: Instituto de Geografia, 1977. 52 p.

SOKAL, Robert. Classification: purposes, principles, progress, prospects. Science, UK, v. 185, p. 111-123, 1974. Disponível em: <<http://science.sciencemag.org/content/185/4157/1115/tab-pdf>>. Acesso em: dez. 2016.

SODRÉ, Robson Veloso Ribeiro et al. Classificação de Bacias de Drenagem do Alto Jequitai (Minas Gerais) a Partir da Análise de Principais Componentes e Análise de Grupos. Revista Brasileira de Geomorfologia, Brasília, v. 2, n. 8, p. 73-86, 2007. Disponível em: <http://www.ugb.org.br/home/artigos/RBG_8_2/RGB_SF07.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2016.

SOPPER, William. Effects of timber harvesting and related management practices on water quality in forested watersheds. Journal of environmental quality, v.4, n.1, p.24-29, 1975. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/250104862_Effects_of_Timber_Harvesting_and_Related_Management_Practices_on_Water_Quality_in_Forested_Watersheds1>. Acesso em: dez. 2016.

SOUZA, Roseli dos Santos. Avaliação Química de Águas Subterrâneas Freáticas em Áreas de Interferência da Usina Hidrelétrica de Peixe Angical/TO. 94 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências. Universidade de Brasília, 2008. Disponível em: <http://www.repositorio.unb.br/bitstream/10482/3816/1/2008_RoselidosSantosSouza.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2016.

MOTA, Suetônio. Preservação e conservação de recursos hídricos. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

SUPERINTENDÊNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE - SUDENE. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento exploratório: reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte. Recife: DNPEA/SUDENE, 1971. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/330796>>. Acesso em: 19 jul. 2016.

SPERLING, Marcos Von. Estudos e Modelagem da Qualidade da Água de Rios. Belo Horizonte: UFMG, v. 7, 2014.

_____. Princípios básicos do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: UFMG, v. 1, 1996.

STRAHLER, Arthur Newell. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transactions of the American Geophysical Union, v.38, n.6, p.913-20, 1957. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/TR038i006p00913/epdf?r3_referer=wol&tracking_action=preview_click&show_checkout=1&purchase_referrer=www.google.com.br&purchase_site_license=LICENSE_DENIED>. Acesso em: 10 out. 2016.

_____. Hypsometric (Area-Altitude) Analysis Of Erosional Topography. Geological Society of America Bulletin, v.63, n.11, p.1117-1142, 1952. Disponível em: <<http://gsabulletin.gsapubs.org/content/63/11/1117.full.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2016.

TEODORO, Valter Luiz Iost et al.. O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. Uniara, Araraquara, n. 20, p.137-157, out. 2007. Disponível em: <http://www.uniara.com.br/legado/revistauniara/pdf/20/RevUniara20_11.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2016.

TOLENTINO, Mario et al. Estudo Morfométrico das Bacias Hidrográficas do Planalto de São Carlos (SP). Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, v. 30, n. 4, p.42-50, out. 1968. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg_1968_v30_n4.pdf>. Acesso em: 12 out. 2016.

TONELLO, Kelly Cristina et al. MORFOMETRIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DA CACHOEIRA DAS POMBAS, GUANHÃES - MG. Árvore, Viçosa, v. 30, n. 5, p.849-857, out. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n5/a19v30n5.pdf>>. Acesso em: 5 jun. 2016.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli (Org.). Hidrologia: ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1997.

TUNDISI, José Galizia. Limnologia no século XXI: perspectivas e desafios. Instituto Internacional de Limnologia. São Carlos, 1999. 24 p.

TRENTIN, Romário. Definição de unidades geoambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Itu – oeste do RS. 2007. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia e Geociência, Unidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007. Disponível em: <[http://w3.ufsm.br/ppggeo/files/dissertacoes_06-11/Romario Trentin.pdf](http://w3.ufsm.br/ppggeo/files/dissertacoes_06-11/Romario_Trentin.pdf)>. Acesso em: 10 set. 2016.

TRICART, Jean. Ecodinâmica. IBGE/SUPREN: Rio de Janeiro, 1977. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ecodinamica.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2016.

VALERIANO, Márcio de Morisson. Mapeamento da declividade em microbacias com Sistemas de Informação Geográfica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 7, n. 2, p.303-310, 2003. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/250985374_Mapeamento_da_declividade_e_m_microbacias_com_Sistemas_de_Informacao_Geografica>. Acesso em: 5 out. 2016.

VICENTE, Luiz Eduardo; PEREZ FILHO, Archimedes. Abordagem Sistêmica e Geografia. Geografia, Rio Claro, v. 28, n. 3, p.323-344, dez. 2003. Disponível em: <<http://xa.yimg.com/kq/groups/1624466/1468771872/name/1035.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2016.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. Hidrologia aplicada. São Paulo: Mcgrawhill-Brasil, 1975. 245 p.

APÊNDICE

Tabela 1 – Resultados dos parâmetros analisados do ponto de coleta R-01 e os limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/05.

DATA	TEMPERATURA	OD	LIMITE	COR VERDADEIRA	LIMITE	PH	LIMITE	TURBIDEZ	LIMITE	
04/08/16	30,2	9,87	5	15,8	75	6,66	6-9	0,81	100	
08/09/16	29,2	8,67	5	29,97	75	6,95	6-9	2,3	100	
13/10/16	29	7,79	5	35,34	75	5,82	6-9	1,21	100	
24/11/16	30,9	8,09	5	13,23	75	6,54	6-9	3,26	100	
15/12/16	34,1	11,61	5	20,85	75	6,48	6-9	5,3	100	
19/01/17	31,3	10,72	5	56,44	75	6,5	6-9	7,14	100	
16/02/17	30,9	9,38	5	11,2	75	6,28	6-9	6,1	100	
23/03/17	31,6	9,98	5	22,3	75	6,32	6-9	20	100	
27/04/17	30,4	9,4	5	66,99	75	6,41	6-9	8,36	100	
22/05/17	30	8,8	5	19,1	75	6,07	6-9	6,9	100	
28/06/17	30,76	9,3	5	7,6	75	6,18	6-9	2,6	100	
27/07/17	27,3	9,2	5	12,1	75	5,91	6-9	7,5	100	
DATA	DBO ⁵	LIMITE	FOSFORO TOTAL	LIMITE	NITROGÊNIO AMONICAL	LIMITE	CLORETOS	LIMITE	C. TOTAIS P/A	C. FECAIS P/A (E. COLI)
04/08/16	0,69	5	<0,10	0,050	0,68	0,5	11,73	250	Presente	Ausência
08/09/16	0,59	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	11,10	250	-	-
13/10/16	0,5	5	<0,10	0,050	0,12	0,5	11,61	250	Presente	Ausência
24/11/16	0,3	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	12,12	250	Presente	Ausência
15/12/16	0,3	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	12,79	250	Presente	Presente
19/01/17	0,69	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	13,6	250	Presente	Ausente
16/02/17	0,64	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	14,61	250	Presente	Presente
23/03/17	1,11	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	10,58	250	Presente	Presente
27/04/17	0,56	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	12,72	250	Presente	Presente

22/05/17	0,58	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	12,72	250	Presente	Presente
28/06/17	0,48	5	<0,10	0,050	0,13	0,5	12,72	250	Presente	Presente
27/07/17	0,87	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	12,72	250	Presente	Presente

Tabela 2 – Resultados dos parâmetros analisados do ponto de coleta R-02 e os limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/05.

DATA	TEMPERATURA	OD	LIMITE	COR VERDADEIRA	LIMITE	PH	LIMITE	TURBIDEZ	LIMITE	
04/08/16	32,8	9,94	5	22,3	75	6,63	6-9	3,75	100	
08/09/16	29,3	9,86	5	15,1	75	5,51	6-9	3,43	100	
13/10/16	31,2	9,82	5	33,84	75	5,88	6-9	1,21	100	
24/11/16	33,7	10,43	5	19,8	75	6,7	6-9	10,81	100	
15/12/16	35,1	12,69	5	84,13	75	5,99	6-9	52,63	100	
19/01/17	-	-	5	-	75	-	6-9	-	100	
16/02/17	-	-	5	-	75	-	6-9	-	100	
23/03/17	32,3	10,7	5	49,3	75	6,28	6-9	36,3	100	
27/04/17	31,5	11,2	5	56,44	75	6,38	6-9	7,14	100	
22/05/17	30,8	9,28	5	31	75	6,33	6-9	8,9	100	
28/06/17	32,09	10	5	8	75	6,47	6-9	4,9	100	
27/07/17	27,30	9,9	5	13,3	75	6,35	6-9	11,6	100	
DATA	DBO ⁵	LIMITE	FOSFORO TOTAL	LIMITE	NITROGÊNIO AMONÍACAL	LIMITE	CLORETOS	LIMITE	C. TOTAIS P/A	C. FECAIS P/A (E. COLI)
04/08/16	0,59	5	<0,10	0,050	0,56	0,5	17,84	250	Presente	Presente
08/09/16	0,82	5	<0,10	0,050	0,12	0,5	11,61	250	Presente	Ausência
13/10/16	1	5	<0,10	0,050	0,12	0,5	12,62	250	Presente	Ausência
24/11/16	1,1	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	13,63	250	Presente	Ausência
15/12/16	3,32	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	11,44	250	Presente	Presente

19/01/17	-	5	-	0,050	-	0,5	-	250	-	-
16/02/17	-	5	-	0,050		0,5	-	250	-	-
23/03/17	1,31	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	10,08	250	Presente	Presente
27/04/17	0,64	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	11,13	250	Presente	Presente
22/05/17	0,78	5	<0,10	0,050	0,13	0,5	11,92	250	Presente	Presente
28/06/17	0,26	5	<0,10	0,050	0,13	0,5	12,72	250	Ausência	Ausência
27/07/17	1,07	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	11,66	250	Ausência	Ausência

Tabela 3 – Resultados dos parâmetros analisados do ponto de coleta R-03 e os limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/05.

DATA	TEMPERATURA	OD	LIMITE	COR VERDADEIRA	LIMITE	PH	LIMITE	TURBIDEZ	LIMITE		
04/08/16	29,5	6,9	5	18,6	75	6,44	6-9	4,4	100		
08/09/16	28,7	7,69	5	11,52	75	6,52	6-9	5,16	100		
13/10/16	29,1	5,24	5	18,77	75	5,96	6-9	2,33	100		
24/11/16	31,4	5,04	5	14,23	75	6,37	6-9	5,71	100		
15/12/16	30,8	7,57	5	32,6	75	6,56	6-9	4,48	100		
19/01/17	30,2	10,16	5	38,36	75	6,51	6-9	5,1	100		
16/02/17	30,04	7,14	5	8,2	75	6,5	6-9	5,4	100		
23/03/17	29,5	6,8	5	14,8	75	6,44	6-9	13,6	100		
27/04/17	30,4	7,1	5	32,33	75	6,28	6-9	4,08	100		
22/05/17	30,4	6,29	5	24,9	75	6,01	6-9	10,3	100		
28/06/17	30,04	7	5	6,3	75	6,14	6-9	6,7	100		
27/07/17	28,5	6,9	5	13,8	75	5,93	6-9	11,6	100		
DATA	DBO ⁵	LIMITE	FOSFORO TOTAL	LIMITE	NITROGÊNIO AMONIACAL	LIMITE	CLORETOS	LIMITE	C. TOTAIS P/A	C. FECAIS P/A (E. COLI)	C. FECAIS (E. COLI)
04/08/16	1,18	5	0,13	0,050	0,56	0,5	12,75	250	Presente	Presente	1600

08/09/16	1,06	5	<0,10	0,050	0,18	0,5	11,1	250	Presente	Presente	790
13/10/16	1,31	5	<0,10	0,050	0,12	0,5	12,11	250	Presente	Presente	330
24/11/16	0,8	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	12,62	250	Presente	Presente	140
15/12/16	0,4	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	8,41	250	Presente	Ausente	220
19/01/17	0,91	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	13,1	250	Presente	Ausente	130
16/02/17	0,92	5	<0,10	0,050	0,13	0,5	12,09	250	Presente	Presente	920
23/03/17	1,01	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	11,08	250	Presente	Presente	3500
27/04/17	1,1	5	0,29	0,050	0,06	0,5	27,02	250	Presente	Presente	170
22/05/17	1,29	5	<0,10	0,050	0,13	0,5	13,24	250	Presente	Presente	350
28/06/17	0,74	5	<0,10	0,050	0,13	0,5	13,24	250	Presente	Presente	170
27/07/17	0,77	5	<0,10	0,050	0,13	0,5	11,66	250	Presente	Presente	79

Tabela 4 – Resultados dos parâmetros analisados do ponto de coleta R-04 e os limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/05.

DATA	TEMPERATURA	OD	LIMITE	COR VERDADEIRA	LIMITE	PH	LIMITE	TURBIDEZ	LIMITE
04/08/16	30,2	9,3	5	17,1	75	6,6	6-9	3,51	100
08/09/16	29	8,81	5	11,72	75	6,10	6-9	2,59	100
13/10/16	29,3	6,48	5	20,27	75	6,18	6-9	2,28	100
24/11/16	30,4	7,57	5	15,29	75	6,55	6-9	5,3	100
15/12/16	30,9	7,98	5	29,15	75	6,62	6-9	10,2	100
19/01/17	30,3	13,05	5	41,37	75	6,59	6-9	5,3	100
16/02/17	29,98	8,778	5	9	75	6,74	6-9	6,4	100
23/03/17	29,5	8,1	5	11,8	75	6,59	6-9	17,3	100
27/04/17	30,5	8,7	5	33,84	75	6,61	6-9	4,28	100
22/05/17	30,4	8,5	5	30,5	75	6,15	6-9	10,4	100
28/06/17	30,04	8,7	5	13,9	75	6,27	6-9	6,1	100

27/07/17	30,01	8,6	5	22,3	75	5,96	6-9	11,8	100	
DATA	DBO ⁵	LIMITE	FOSFORO TOTAL	LIMITE	NITROGÊNIO AMONICAL	LIMITE	CLORETOS	LIMITE	C. TOTAIS P/A	C. FECAIS P/A (E. COLI)
04/08/16	1,96	5	<0,10	0,050	0,31	0,5	13,76	250	Presente	Presente
08/09/16	2	5	<0,10	0,050	0,18	0,5	12,12	250	Presente	Presente
13/10/16	1,31	5	<0,10	0,050	0,12	0,5	12,62	250	Presente	Presente
24/11/16	1,41	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	12,37	250	Presente	Presente
15/12/16	4,52	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	9,93	250	Presente	Ausente
19/01/17	0,69	5	<0,10	0,050	0,13	0,5	12,6	250	Presente	Ausente
16/02/17	1,37	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	12,6	250	Presente	Presente
23/03/17	1,62	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	10,58	250	Presente	Presente
27/04/17	2,43	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	27,55	250	Presente	Presente
22/05/17	1,05	5	<0,10	0,050	0,13	0,5	13,24	250	Presente	Presente
28/06/17	0,6	5	<0,10	0,050	0,13	0,5	13,24	250	Presente	Presente
27/07/17	1,47	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	12,18	250	Presente	Presente

Tabela 5 – Resultados dos parâmetros analisados do ponto de coleta R-05 e os limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/05.

DATA	TEMPERATURA	OD	LIMITE	COR VERDADEIRA	LIMITE	PH	LIMITE	TURBIDEZ	LIMITE
04/08/16	29,7	2,7	5	11,3	75	6,38	6-9	0,95	100
08/09/16	27,5	4,12	5	12,63	75	6,18	6-9	1,01	100
13/10/16	28,7	3,4	5	21,78	75	6,18	6-9	1,84	100
24/11/16	28,6	1,82	5	17,8	75	6,44	6-9	9,18	100
15/12/16	29,5	1,66	5	35,58	75	6,37	6-9	16,32	100
19/01/17	29,1	2,23	5	146,04	75	6,24	6-9	18,76	100
16/02/17	28,9	1,9	5	18,7	75	6,15	6-9	11,6	100
23/03/17	27,9	2,8	5	44,7	75	6,15	6-9	22,7	100

27/04/17	29,1	2,5	5	32,33	75	7,1	6-9	4,08	100	
22/05/17	29,1	2,6	5	19,9	75	6,07	6-9	9,2	100	
28/06/17	28,81	2,6	5	11,2	75	6,14	6-9	8,3	100	
27/07/17	28,8	2,5	5	7,5	75	5,76	6-9	33,2	100	
DATA	DBO ⁵	LIMITE	FOSFORO TOTAL	LIMITE	NITROGÊNIO AMONÍACAL	LIMITE	CLORETOS	LIMITE	C. TOTAIS P/A	C. FECAIS P/A (E. COLI)
04/08/16	0,29	5	<0,10	0,050	0,18	0,5	13,25	250	Presente	Presente
08/09/16	1,18	5	<0,10	0,050	0,18	0,5	11,1	250	Presente	Presente
13/10/16	0,3	5	<0,10	0,050	0,12	0,5	14,13	250	Presente	Presente
24/11/16	0,1	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	13,12	250	Presente	Presente
15/12/16	0,6	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	9,42	250	Presente	Presente
19/01/17	0,46	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	13,6	250	Presente	Ausente
16/02/17	0,27	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	14,11	250	Presente	Presente
23/03/17	1,51	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	18,64	250	Presente	Presente
27/04/17	0,42	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	15,89	250	Presente	Presente
22/05/17	<0,10	5	<0,10	0,050	0,19	0,5	14,83	250	Presente	Presente
28/06/17	0,4	5	<0,10	0,050	0,13	0,5	15,89	250	Presente	Presente
27/07/17	1,11	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	18,01	250	Presente	Presente

Tabela 6 – Resultados dos parâmetros analisados do ponto de coleta R-06 e os limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/05.

DATA	TEMPERATURA	OD	LIMITE	COR VERDADEIRA	LIMITE	PH	LIMITE	TURBIDEZ	LIMITE
04/08/16	28,9	3,70	5	11,4	75	6,51	6-9	1,21	100
08/09/16	27,7	3,89	5	13,03	75	6,26	6-9	0,78	100
13/10/16	29,3	3,60	5	20,27	75	6,31	6-9	1,24	100
24/11/16	29,5	3,10	5	15,55	75	6,66	6-9	3,87	100

15/12/16	29,5	1,66	5	34,9	75	6,45	6-9	36,51	100	
19/01/17	28,5	2,52	5	146,86	75	6,43	6-9	7,14	100	
16/02/17	29,8	2,90	5	15,3	75	6,33	6-9	12,5	100	
23/03/17	29,5	2,95	5	20	75	6,15	6-9	10,4	100	
27/04/17	28,7	3,40	5	41,37	75	7,71	6-9	5,3	100	
22/05/17	30,4	3,08	5	20	75	6,48	6-9	7,6	100	
28/06/17	29,18	3,01	5	9,7	75	6,54	6-9	4,4	100	
27/07/17	27,4	2,20	5	13,8	75	6,22	6-9	4,6	100	
DATA	DBO ⁵	LIMITE	FOSFORO TOTAL	LIMITE	NITROGÊNIO AMONIAL	LIMITE	CLORETOS	LIMITE	C. TOTAIS P/A	C. FECAIS P/ (E. COLI)
04/08/16	0,1	5	<0,10	0,050	0,43	0,5	14,27	250	Presente	Presente
08/09/16	1,29	5	<0,10	0,050	0,18	0,5	13,12	250	Presente	Presente
13/10/16	1	5	<0,10	0,050	0,12	0,5	15,14	250	Presente	Presente
24/11/16	0,2	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	14,13	250	Presente	Presente
15/12/16	0,4	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	28,27	250	Presente	Presente
19/01/17	0,57	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	15,62	250	Ausente	Ausente
16/02/17	0,82	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	15,62	250	Presente	Presente
23/03/17	0,89	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	18,64	250	Presente	Presente
27/04/17	0,42	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	15,89	250	Presente	Presente
22/05/17	<0,10	5	<0,10	0,050	0,13	0,5	14,83	250	Presente	Presente
28/06/17	0,44	5	<0,10	0,050	0,13	0,5	14,83	250	Presente	Presente
27/07/17	1,17	5	<0,10	0,050	0,06	0,5	13,77	250	Presente	Presente

Tabela 7 – Resultados dos parâmetros analisados do ponto de coleta P-01 e os limites estabelecidos na Portaria 2.914/2011,

DATA	COR APARENTE	LIMITE	PH	LIMITE	TURBIDEZ	LIMITE	DUREZA TOTAL	LIMITE	AMÔNIA	LIMITE
------	--------------	--------	----	--------	----------	--------	--------------	--------	--------	--------

04/08/16	8,6	15	5,23	6-9	1,1	5	12,15	500	< 0,10	1,5
08/09/16	2	15	5,98	6-9	0,55	5	12,51	500	< 0,10	1,5
13/10/16	1,5	15	6,42	6-9	1,04	5	11,47	500	< 0,10	1,5
24/11/16	4	15	5,11	6-9	0,91	5	13,65	500	< 0,10	1,5
15/12/16	6,2	15	5,68	6-9	0,91	5	12,6	500	0,15	1,5
19/01/17	13,6	15	5,51	6-9	0,57	5	11,55	500	< 0,10	1,5
16/02/17	3,7	15	4,98	6-9	0,11	5	47,25	500	< 0,10	1,5
23/03/17	4,7	15	5,01	6-9	0,1	5	11,55	500	< 0,10	1,5
27/04/17	5,6	15	5,01	6-9	0,28	5	11,55	500	0,11	1,5
22/05/17	1,2	15	4,8	6-9	0,28	5	14,98	500	< 0,10	1,5
28/06/17	5,11	15	5,37	6-9	0,58	5	15,93	500	< 0,10	1,5
27/07/17	3,1	15	6,7	6-9	0,53	5	19,26	500	< 0,10	1,5

DATA	NITRATO	LIMITE	NITRITO	LIMITE	SÓDIO	LIMITE	FERRO	LIMITE	C. TOTAIS P/A	C. FECAIS P/A (ESCHERICHIA COLI)
04/08/16	2,78	10	< 0,10	1	21,4	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
08/09/16	2,39	10	< 0,10	1	17,5	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
13/10/16	2,37	10	< 0,10	1	17,50	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
24/11/16	2,5	10	< 0,10	1	18,3	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
15/12/16	2,75	10	< 0,10	1	19	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
19/01/17	2,75	10	< 0,10	1	18,6	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
16/02/17	2,16	10	< 0,10	1	17,7	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
23/03/17	1,9	10	< 0,10	1	17	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
27/04/17	2,49	10	< 0,10	1	19,3	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
22/05/17	3,56	10	< 0,10	1	22,3	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
28/06/17	2,57	10	< 0,10	1	18,89	200	< 0,05	0,3	-	-

27/07/17	2,29	10	< 0,10	1	15,90	200	< 0,05	0,3	-	-
----------	------	----	--------	---	-------	-----	--------	-----	---	---

Tabela 8 – Resultados dos parâmetros analisados do ponto de coleta P-02 e os limites estabelecidos na Portaria 2.914/2011

DATA	COR APARENTE	LIMITE	PH	LIMITE	TURBIDEZ	LIMITE	DUREZA TOTAL	LIMITE	AMÔNIA	LIMITE
04/08/16	9	15	4,68	6-9	0,63	5	12,78	500	< 0,10	1,5
08/09/16	2,1	15	4,9	6-9	0,76	5	13,55	500	< 0,10	1,5
13/10/16	1,3	15	5,03	6-9	0,69	5	11,47	500	< 0,10	1,5
24/11/16	3,9	15	4,55	6-9	0,51	5	11,03	500	< 0,10	1,5
15/12/16	6,2	15	5,68	6-9	0,91	5	13,65	500	0,14	1,5
19/01/17	2	15	5,03	6-9	0,11	5	12,6	500	< 0,10	1,5
16/02/17	7,9	15	5,27	6-9	0,34	5	13,65	500	0,12	1,5
23/03/17	2,4	15	4,75	6-9	0,19	5	11,55	500	< 0,10	1,5
27/04/17	3,1	15	4,62	6-9	0,37	5	12,6	500	< 0,10	1,5
22/05/17	0,4	15	4,47	6-9	0,62	5	14,98	500	< 0,10	1,5
28/06/17	4,1	15	4,51	6-9	0,37	5	8,83	500	< 0,10	1,5
27/07/17	3,6	15	5,39	6-9	0,38	5	13,91	500	< 0,10	1,5
DATA	NITRATO	LIMITE	NITRITO	LIMITE	SÓDIO	LIMITE	FERRO	LIMITE	C. TOTAIS P/A	C. FECAIS P/A (ESCHERICHIA COLI)
04/08/16	10,55	10	< 0,10	1	41,7	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
08/09/16	9,91	10	< 0,10	1	34,3	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
13/10/16	9,48	10	< 0,10	1	41,7	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
24/11/16	9,32	10	< 0,10	1	34,1	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
15/12/16	9,08	10	< 0,10	1	33,6	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
19/01/17	8,92	10	< 0,10	1	33,6	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
16/02/17	8,68	10	< 0,10	1	33,7	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência

23/03/17	8,66	10	< 0,10	1	33,5	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
27/04/17	8,93	10	< 0,10	1	35,1	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
22/05/17	8,58	10	< 0,10	1	36,7	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
28/06/17	9,76	10	< 0,10	1	37,2	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
27/07/17	10,45	10	< 0,10	1	37,28	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência

Tabela 9 – Resultados dos parâmetros analisados do ponto de coleta P-03 e os limites estabelecidos na Portaria 2.914/2011,

DATA	COR APARENTE	LIMITE	PH	LIMITE	TURBIDEZ	LIMITE	DUREZA TOTAL	LIMITE	AMÔNIA	LIMITE
04/08/16	9,5	15	5,51	6-9	1,17	5	7,76	500	< 0,10	1,5
08/09/16	1,9	15	5,05	6-9	1,01	5	13,55	500	< 0,10	1,5
13/10/16	1,1	15	5,19	6-9	0,61	5	5,73	500	< 0,10	1,5
24/11/16	3,3	15	4,68	6-9	0,66	5	8,4	500	< 0,10	1,5
15/12/16	5,6	15	5,88	6-9	0,98	5	6,3	500	< 0,10	1,5
19/01/17	13,9	15	6,22	6-9	0,88	5	6,3	500	< 0,10	1,5
16/02/17	4,2	15	4,81	6-9	0,1	5	6,82	500	< 0,10	1,5
23/03/17	2,8	15	4,94	6-9	0,16	5	7,35	500	< 0,10	1,5
27/04/17	1,8	15	4,75	6-9	0,21	5	10,5	500	< 0,10	1,5
22/05/17	1,9	15	4,69	6-9	0,26	5	7,49	500	< 0,10	1,5
28/06/17	3,6	15	4,65	6-9	0,33	5	3,21	500	< 0,10	1,5
27/07/17	4,5	15	5,12	6-9	0,54	5	7,58	500	< 0,10	1,5
DATA	NITRATO	LIMITE	NITRITO	LIMITE	SÓDIO	LIMITE	FERRO	LIMITE	C. TOTAIS P/A	C. FECAIS P/A (ESCHERICHIA COLI)
04/08/16	0,01	10	< 0,10	1	5,8	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
08/09/16	1,62	10	< 0,10	1	9,1	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
13/10/16	1,57	10	< 0,10	1	9,7	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência

24/11/16	1,49	10	< 0,10	1	9,3	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
15/12/16	1,48	10	< 0,10	1	9,3	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
19/01/17	1,37	10	< 0,10	1	9,4	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
16/02/17	1,38	10	< 0,10	1	9,8	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
23/03/17	1,37	10	< 0,10	1	9,8	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
27/04/17	1,45	10	< 0,10	1	9,6	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
22/05/17	1,49	10	< 0,10	1	9,8	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
28/06/17	1,41	10	< 0,10	1	9,6	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
27/07/17	1,33	10	< 0,10	1	9,20	200	< 0,05	0,3	-	-

Tabela 10 – Resultados dos parâmetros analisados do ponto de coleta P-04 e os limites estabelecidos na Portaria 2.914/2011.

DATA	COR APARENTE	LIMITE	PH	LIMITE	TURBIDEZ	LIMITE	DUREZA TOTAL	LIMITE	AMÔNIA	LIMITE
04/08/16	6,2	15	4,51	6-9	0,62	5	-	500	< 0,10	1,5
08/09/16	2,4	15	4,57	6-9	0,84	5	13,55	500	< 0,10	1,5
13/10/16	1,1	15	4,74	6-9	0,6	5	12,51	500	< 0,10	1,5
24/11/16	2	15	4,23	6-9	0,3	5	12,6	500	< 0,10	1,5
15/12/16	6,2	15	5,68	6-9	0,91	5	14,7	500	0,12	1,5
19/01/17	2,5	15	5	6-9	0,19	5	12,6	500	< 0,10	1,5
16/02/17	8,3	15	4,8	6-9	0,1	5	11,55	500	< 0,10	1,5
23/03/17	2,5	15	4,5	6-9	0,14	5	13,65	500	< 0,10	1,5
27/04/17	3	15	4,26	6-9	0,25	5	15,75	500	0,18	1,5
22/05/17	1,6	15	4,26	6-9	0,26	5	17,12	500	< 0,10	1,5
28/06/17	4	15	4,14	6-9	0,44	5	9,1	500	< 0,10	1,5
27/07/17	3,9	15	4,65	6-9	0,6	5	16,05	500	< 0,10	1,5

DATA	NITRATO	LIMITE	NITRITO	LIMITE	SÓDIO	LIMITE	FERRO	LIMITE	C. TOTAIS P/A	C. FECAIS P/A (ESCHERICHIA COLI)
04/08/16	4,44	10	< 0,10	1	17,6	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
08/09/16	4,32	10	< 0,10	1	15,2	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
13/10/16	4,05	10	< 0,10	1	14,4	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
24/11/16	3,95	10	< 0,10	1	14,5	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
15/12/16	3,94	10	< 0,10	1	14,7	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
19/01/17	3,82	10	< 0,10	1	13,9	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
16/02/17	3,85	10	< 0,10	1	14,8	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
23/03/17	4,12	10	< 0,10	1	15,5	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
27/04/17	4,37	10	< 0,10	1	16,7	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
22/05/17	4,75	10	< 0,10	1	17,5	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
28/06/17	4,73	10	< 0,10	1	17,2	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
27/07/17	5,36	10	< 0,10	1	18,08	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência

Tabela 11 – Resultados dos parâmetros analisados do ponto de coleta P-05 e os limites estabelecidos na Portaria 2.914/2011.

DATA	COR APARENTE	LIMITE	PH	LIMITE	TURBIDEZ	LIMITE	DUREZA TOTAL	LIMITE	AMÔNIA	LIMITE
04/08/16	9,7	15	5,41	6-9	0,48	5	16,5	500	< 0,10	1,5
08/09/16	2,3	15	5,5	6-9	1,17	5	13,55	500	< 0,10	1,5
13/10/16	0,9	15	5,64	6-9	0,79	5	19,81	500	< 0,10	1,5
24/11/16	2,7	15	5,02	6-9	0,38	5	21	500	< 0,10	1,5
15/12/16	6,2	15	5,68	6-9	0,91	5	21	500	0,1	1,5
19/01/17	2,7	15	5,04	6-9	0,21	5	21	500	< 0,10	1,5
16/02/17	6,2	15	5,13	6-9	0,13	5	21	500	< 0,10	1,5
23/03/17	2,9	15	4,86	6-9	0,21	5	21	500	< 0,10	1,5

27/04/17	3,3	15	5,11	6-9	0,35	5	21	500	< 0,10	1,5
22/05/17	1	15	5,21	6-9	0,12	5	23,54	500	< 0,10	1,5
28/06/17	3,9	15	5,05	6-9	0,3	5	9,63	500	< 0,10	1,5
27/07/17	2,8	15	5,77	6-9	0,5	5	22,47	500	< 0,10	1,5
DATA	NITRATO	LIMITE	NITRITO	LIMITE	SÓDIO	LIMITE	FERRO	LIMITE	C. TOTAIS P/A	C. FECAIS P/A (ESCHERICHIA COLI)
04/08/16	2,45	10	< 0,10	1	11,9	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
08/09/16	2,46	10	< 0,10	1	10,3	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
13/10/16	2,58	10	< 0,10	1	10,6	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
24/11/16	2,45	10	< 0,10	1	10,4	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
15/12/16	2,55	10	< 0,10	1	10,9	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
19/01/17	2,47	10	< 0,10	1	10,5	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
16/02/17	2,49	10	< 0,10	1	11	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
23/03/17	2,48	10	< 0,10	1	10,9	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
27/04/17	2,51	10	< 0,10	1	7	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
22/05/17	2,6	10	< 0,10	1	10,4	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
28/06/17	2,46	10	< 0,10	1	11,2	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
27/07/17	2,53	10	< 0,10	1	11,70	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência

Tabela 12 – Resultados dos parâmetros analisados do ponto de coleta P-06 e os limites estabelecidos na Portaria 2.914/2011.

DATA	COR APARENTE	LIMITE	PH	LIMITE	TURBIDEZ	LIMITE	DUREZA TOTAL	LIMITE	AMÔNIA	LIMITE
04/08/16	8,9	15	5,2	6-9	0,87	5	-	500	< 0,10	1,5
08/09/16	2,5	15	5,45	6-9	0,71	5	13,55	500	< 0,10	1,5
13/10/16	1,3	15	5,78	6-9	1,03	5	7,3	500	< 0,10	1,5
24/11/16	2,7	15	5,59	6-9	0,64	5	7,88	500	< 0,10	1,5

15/12/16	6,2	15	5,68	6-9	0,91	5	7,88	500	0,1	1,5
19/01/17	5	15	5,86	6-9	0,76	5	7,35	500	< 0,10	1,5
16/02/17	5,2	15	5,25	6-9	0,1	5	7,88	500	< 0,10	1,5
23/03/17	2,9	15	4,89	6-9	0,18	5	7,35	500	< 0,10	1,5
27/04/17	4,7	15	5,06	6-9	0,48	5	7,35	500	< 0,10	1,5
22/05/17	1,8	15	5,19	6-9	0,41	5	8,56	500	< 0,10	1,5
28/06/17	4,4	15	4,95	6-9	0,53	5	2,14	500	0,12	1,5
27/07/17	3,6	15	5,9	6-9	1,11	5	7,49	500	< 0,10	1,5

DATA	NITRATO	LIMITE	NITRITO	LIMITE	SÓDIO	LIMITE	FERRO	LIMITE	C. TOTAIS P/A	C. FECAIS P/A (ESCHERICHIA COLI)
04/08/16	1,15	10	< 0,10	1	7,5	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
08/09/16	1,16	10	< 0,10	1	6,6	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
13/10/16	1,21	10	< 0,10	1	6,7	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
24/11/16	1,21	10	< 0,10	1	6,5	200	0,06	0,3	Ausência	Ausência
15/12/16	1,24	10	< 0,10	1	7	200	0,06	0,3	Ausência	Ausência
19/01/17	1,23	10	< 0,10	1	6,7	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
16/02/17	1,16	10	< 0,10	1	6,9	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
23/03/17	1,2	10	< 0,10	1	6,9	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
27/04/17	1,22	10	< 0,10	1	7	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
22/05/17	1,23	10	< 0,10	1	6,6	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
28/06/17	1,25	10	< 0,10	1	6,8	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
27/07/17	1,30	10	< 0,10	1	6,90	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência

Tabela 13 – Resultados dos parâmetros analisados do ponto de coleta P-07 e os limites estabelecidos na Portaria 2.914/2011,

DATA	COR APARENTE	LIMITE	PH	LIMITE	TURBIDEZ	LIMITE	DUREZA TOTAL	LIMITE	AMÔNIA	LIMITE
------	--------------	--------	----	--------	----------	--------	--------------	--------	--------	--------

04/08/16	10,2	15	5,63	6-9	7,88	5	11,23	500	< 0,10	1,5
08/09/16	2,7	15	4,21	6-9	3,99	5	13,55	500	< 0,10	1,5
13/10/16	5,1	15	5,53	6-9	1,81	5	6,25	500	< 0,10	1,5
24/11/16	6,4	15	5,07	6-9	1,94	5	7,35	500	< 0,10	1,5
15/12/16	6,2	15	5,68	6-9	0,91	5	7,35	500	0,17	1,5
19/01/17	40,3	15	6,59	6-9	3,75	5	7,35	500	< 0,10	1,5
16/02/17	16,3	15	5,04	6-9	1,43	5	6,82	500	< 0,10	1,5
23/03/17	43	15	4,87	6-9	9,65	5	7,35	500	< 0,10	1,5
27/04/17	22,2	15	4,9	6-9	4,63	5	6,82	500	< 0,10	1,5
22/05/17	8,9	15	5,01	6-9	6,39	5	8,02	500	0,17	1,5
28/06/17	61,6	15	5,05	6-9	38,2	5	4,82	500	< 0,10	1,5
27/07/17	49,6	15	6,01	6-9	126	5	6,95	500	< 0,10	1,5

DATA	NITRATO	LIMITE	NITRITO	LIMITE	SÓDIO	LIMITE	FERRO	LIMITE	C. TOTAIS P/A	C. FECAIS P/A (ESCHERICHIA COLI)
04/08/16	0,75	10	< 0,10	1	9	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
08/09/16	0,88	10	< 0,10	1	8,3	200	0,27	0,3	Presente	Ausência
13/10/16	0,77	10	< 0,10	1	7,8	200	0,09	0,3	Ausência	Ausência
24/11/16	0,59	10	< 0,10	1	7,1	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
15/12/16	0,78	10	< 0,10	1	7,8	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
19/01/17	0,78	10	< 0,10	1	7,9	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
16/02/17	0,82	10	< 0,10	1	8,2	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
23/03/17	0,82	10	< 0,10	1	8,1	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
27/04/17	0,83	10	< 0,10	1	8,2	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
22/05/17	0,16	10	< 0,10	1	7,7	200	1,17	0,3	Presente	Ausência
28/06/17	0,84	10	< 0,10	1	7,7	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência

27/07/17	0,61	10	< 0,10	1	7,50	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
----------	------	----	--------	---	------	-----	--------	-----	----------	----------

Tabela 14 – Resultados dos parâmetros analisados do ponto de coleta P-08 e os limites estabelecidos na Portaria 2.914/2011.

DATA	COR APARENTE	LIMITE	PH	LIMITE	TURBIDEZ	LIMITE	DUREZA TOTAL	LIMITE	AMÔNIA	LIMITE
04/08/16	9,4	15	4,23	6-9	1,11	5	18,96	500	< 0,10	1,5
08/09/16	3,2	15	5,29	6-9	1,15	5	13,55	500	< 0,10	1,5
13/10/16	2,1	15	4,22	6-9	1,52	5	21,89	500	< 0,10	1,5
24/11/16	2,7	15	4,14	6-9	0,59	5	22,05	500	< 0,10	1,5
15/12/16	6,2	15	5,68	6-9	0,91	5	25,2	500	0,18	1,5
19/01/17	1,8	15	5,01	6-9	0,13	5	24,15	500	< 0,10	1,5
16/02/17	5,5	15	5	6-9	0,1	5	23,1	500	< 0,10	1,5
23/03/17	2,6	15	4,02	6-9	0,31	5	22,05	500	< 0,10	1,5
27/04/17	4,19	15	4,70	6-9	0,73	5	21,4	500	< 0,10	1,5
22/05/17	4	15	5,32	6-9	0,73	5	23,54	500	0,11	1,5
28/06/17	5,3	15	4,05	6-9	1,86	5	14,98	500	0,18	1,5
27/07/17	4,9	15	4,32	6-9	2,58	5	23,54	500	< 0,10	1,5
DATA	NITRATO	LIMITE	NITRITO	LIMITE	SÓDIO	LIMITE	FERRO	LIMITE	C. TOTAIS P/A	C. FECAIS P/A (ESCHERICHIA COLI)
04/08/16	6,97	10	< 0,10	1	11,7	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
08/09/16	6,82	10	< 0,10	1	10,4	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
13/10/16	6,84	10	< 0,10	1	10,4	200	< 0,05	0,3	Presente	Presente
24/11/16	6,79	10	< 0,10	1	10,7	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
15/12/16	6,9	10	< 0,10	1	11,8	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
19/01/17	6,71	10	< 0,10	1	11,4	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
16/02/17	6,82	10	< 0,10	1	11,7	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência

23/03/17	6,48	10	< 0,10	1	11,7	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
27/04/17	6,79	10	< 0,10	1	11,23	200	< 0,05	0,3	-	-
22/05/17	6,07	10	< 0,10	1	11,6	200	< 0,05	0,3	Presente	Ausência
28/06/17	6,37	10	< 0,10	1	10,9	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência
27/07/17	6,82	10	< 0,10	1	10,08	200	< 0,05	0,3	Ausência	Ausência